n°124

INRA mensuel

Journal interne, automne 2005



Sommaire



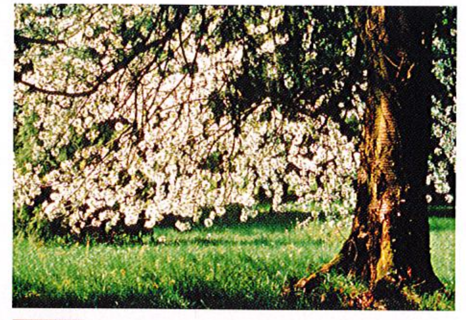
3 – 13 **Actualités scientifiques**

- Les contrôles aux frontières du vivant
par Jean-Pierre Blein, Didier Marion
- L'alimentation comme dimension spécifique de la pauvreté
Approches croisées de la consommation alimentaire des populations défavorisées
par France Caillavet (coord.), Élise Andrieu, Nicole Darmon, Anne Lhuissier, Milan Momic, Faustine Régnier
- La fonte musculaire au cours du vieillissement n'est pas une fatalité : une supplémentation alimentaire en leucine stimule la synthèse protéique musculaire
par Isabelle Rieu, Claire Sornet, Jean Grizard, Dominique Dardevet
- La nouvelle réforme de la Pac et les exploitations laitières
par Vincent Chatellier
- Les truites des rivières de Haute-Savoie sont-elles autochtones, sont-elles sauvages ?
par Alexis Champigneulle, René Guyomard, Arnaud Caudron,

Brèves

- Le comportement de butinage du bourdon en serre de tomates
- Mesure de l'importance agronomique et économique des insectes pollinisateurs
- Localisation de 1454 gènes d'intérêt agronomique sur les chromosomes du maïs
- Comprendre l'obésité chez l'enfant : pour une lutte et une prévention efficaces
- Un détecteur des carences alimentaires découvert dans le cerveau
- L'Inra et Agrocampus Rennes au Space, septembre 2005
- Les sécheresses, telles celle de l'été 2003, auraient un impact durable sur les écosystèmes terrestres (Cea-Cnrs-Inra)
- Signaler et garantir la qualité du produit. La gouvernance des transactions dans les filières agro-alimentaires

À ce numéro sont joints :
- Fonctionnaire à l'Inra : où, quand, comment prendre sa retraite ? Tiré à part, 4p.
- Info rentrée 2005, Inra Éditions, 4p.



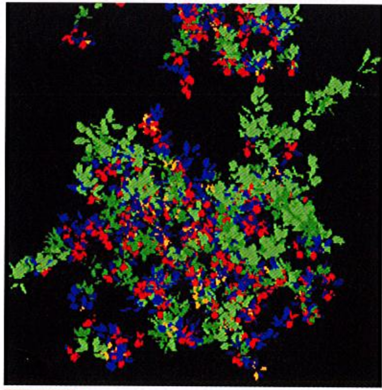
14 – 21 **INRA Partenaire**

- La Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers
- Le développement de l'agriculture biologique au Brésil
- Cinq jeunes créateurs d'entreprises lauréats
- Création de la société Naskeo Environnement
- Des plantes à traire...
- "En direct des labos"
une lettre électronique pour les entreprises
- L'Inra dans les pôles de compétitivité



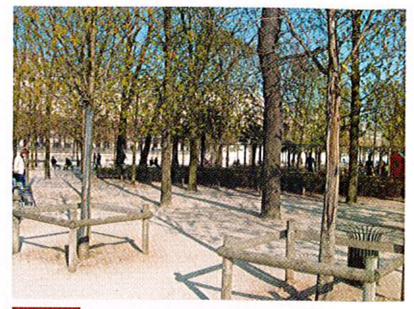
22 – 23 **Résonances**

- La femme en agriculture. Louis Moll 1872
par Jean Boulaine et Huguette Durand



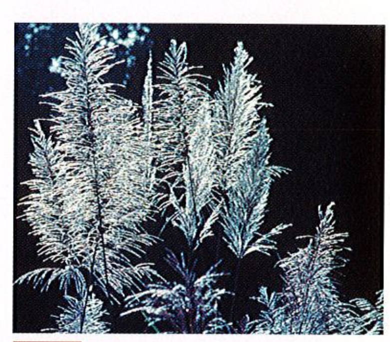
24 – 30 **Le Point**

- L'action transversale "Production Fruitière Intégrée"
Une expérience de recherche pluridisciplinaire à l'échelle d'une filière
par Robert Habib, Jean Pluvinage, Yves Lespinasse



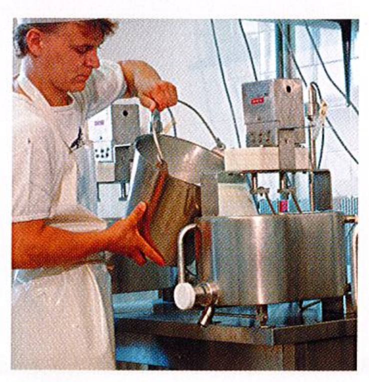
31 – 34 **Itinéraires**
Entretien avec...

Pourquoi les feuilles tombent ?
Questions courantes et sujets de recherche
Interviews de Hervé Cochard, Thierry Améglio, Nathalie Bréda par Pascale Mollier



35 – 41 **Histoire & Recherches**

- Le rhum
Trente ans de recherches à l'Inra
par Louis Fahrasmane



42 **Travailler à l'INRA**

- Aide-mémoire : présidents de centre, directeurs scientifiques, chefs de département
- Nominations
- École-chercheurs

43 **Faire connaître**

- Nouveautés
- Inra Éditions

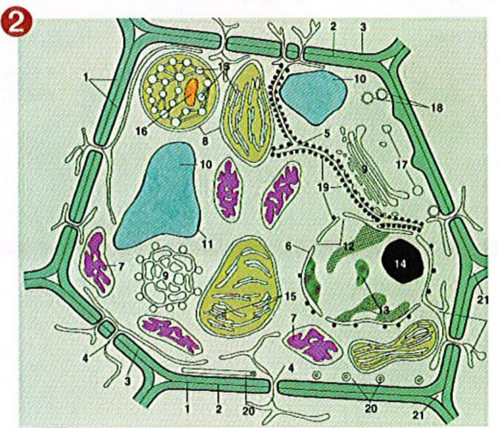
Actualités scientifiques

Les contrôles aux frontières du vivant

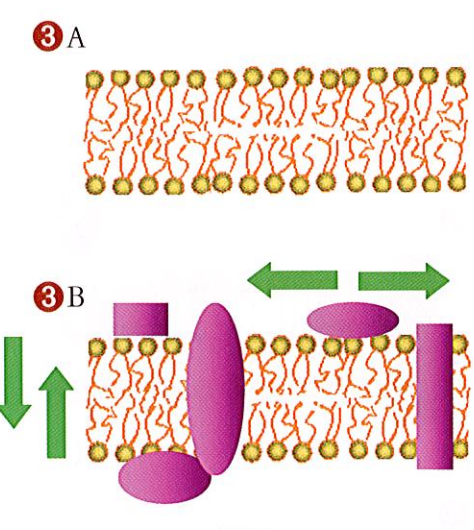
Il est facile de constater que l'on ne peut pas dissoudre de l'huile dans de l'eau. De plus, les molécules constituant les corps gras (ou lipides) s'organisent entre elles dès qu'elles sont en présence d'eau (gouttelettes dans les émulsions, micelles, liposomes...). Cette observation est fondamentale puisque l'existence et le maintien de la vie sont associés à l'eau mais nécessitent que cet environnement aqueux soit compartimenté. Cette compartimentation crée des espaces différents à partir d'une structure de départ homogène. Imaginons qu'une espèce chimique (jaune) réagisse avec une autre (bleu) pour former un nouveau composé (vert). En l'absence de compartiments, les réactions chimiques auront lieu et on ne pourra observer que le nouveau composé (vert) et celui des espèces parentes qui est en excès, ici la jaune (fig. ❶A). Par contre, si on place une séparation, on créera deux compartiments qui pourront contenir des molécules différentes et posséder des activités diversifiées. Ces compartiments resteront en communication entre eux via une "frontière" (en rouge sur les fig. ❶BCD) autorisant des échanges sélectifs (nature, sens, fréquence, quantité). Par exemple, les figures ❶B et ❶C montrent l'état des compartiments au début et à la fin de la réaction, tandis que la figure ❶C permet de décrire ce qui se passe pendant la réaction. La compartimentation permet donc de créer des espaces indépendants, mais communiquant entre eux selon des lois propres. Ici, seules les espèces jaunes sont capables de franchir la séparation.

La "frontière" pourra être une membrane constituée de lipides puisque nous avons rappelé que les lipides ne sont pas miscibles dans l'eau. C'est ainsi qu'est organisée une cellule vivante (fig. ❷) autour de compartiments aqueux séparés par des membranes biologiques ; ce qui permet d'établir des gradients de concentration et de ségréguer certaines molécules ou activités.

❷

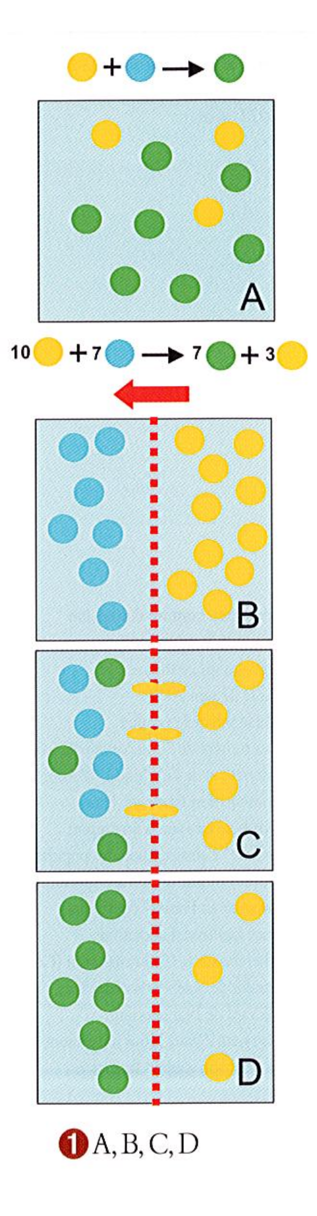


Les membranes biologiques sont formées de lipides organisés en double couche (fig. ❸A). Des protéines sont intégrées dans cette bi-couche ou sont associées plus ou moins étroitement avec elle. Cet ensemble est dynamique puisque les lipides et les protéines, qui le constituent, peuvent diffuser latéralement dans le plan ou migrer d'une face à l'autre ("flip-flop") de la bi-couche lipidique, certaines protéines n'étant associées à la membrane que temporairement (fig. ❸B).



Lorsque cette membrane est la membrane cellulaire, elle représente la frontière entre la cellule et son environnement. Son rôle sera de maintenir l'intégrité de la cellule et de réguler l'ensemble des échanges entre la cellule et le milieu extra-cellulaire ou aussi entre les cellules d'un même organisme. Ces échanges concernent des imports-exports d'approvisionnement (éléments nutritifs, déchets) ou des signaux liés au développement (hormones), mais aussi des signaux permettant d'appréhender l'environnement, comme la présence d'autres organismes. Ces signaux sont en fait des molécules chimiques qui sont reconnues par des protéines particulières, appelées récepteurs. Ces récepteurs sont activés lorsqu'ils reçoivent la molécule "signal". Ils transmettent alors cette information à la machinerie cellulaire, ce qui se traduit par une réponse appropriée de la cellule.

C'est ainsi que nous avons montré que la membrane plasmique possède des récepteurs pour des protéines de transfert de lipides. Ces dernières possèdent une poche qui leur permet de transporter des lipides, leur reconnaissance par leur récepteur et leur activité biologique dépendant de la nature du lipide transporté. Ces protéines de transport de lipides peuvent jouer un rôle important dans la perception de l'environne-



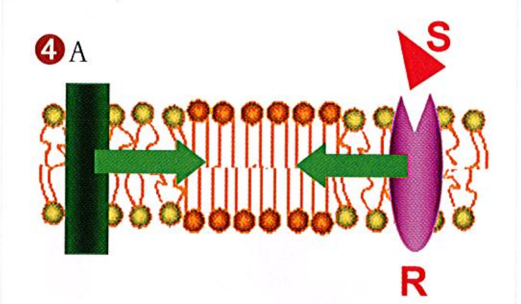
❶ A, B, C, D

Actualités scientifiques

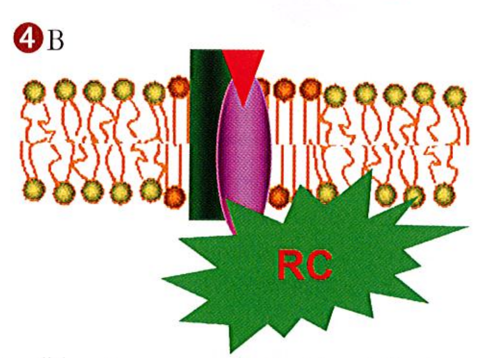
[1] Blein et al. (2002) *TIPS* 7 :293-296
[2] Mongrand et al. (2004) *J. Biol. Chem.* 279 :36277-3628.

ment et la réponse de la plante aux micro-organismes environnants (associations bénéfiques ou agressions par des agents pathogènes) [1].
On comprend donc que les membranes biologiques sont des lieux de transit complexes régulés dans l'espace et le temps. Certains d'entre eux semblent organisés en plates-formes spécialisées qui ont été appelées des "rafts". Ces rafts, ou radeaux lipidiques, sont des domaines de la membrane plasmique enrichis en certains lipides comme les stérols. Ces territoires ou "domaines" recrutent vraisemblablement l'ensemble des protéines dédiées à une tâche donnée (fig. 4A), à un moment précis. La composition de ces rafts est donc en perpétuelle évolution pour répondre aux signaux reçus et conduire à une réponse adaptée (fig. 4B, où S est le signal, R, le récepteur du signal et RC, la réponse cellulaire).

4A



4B



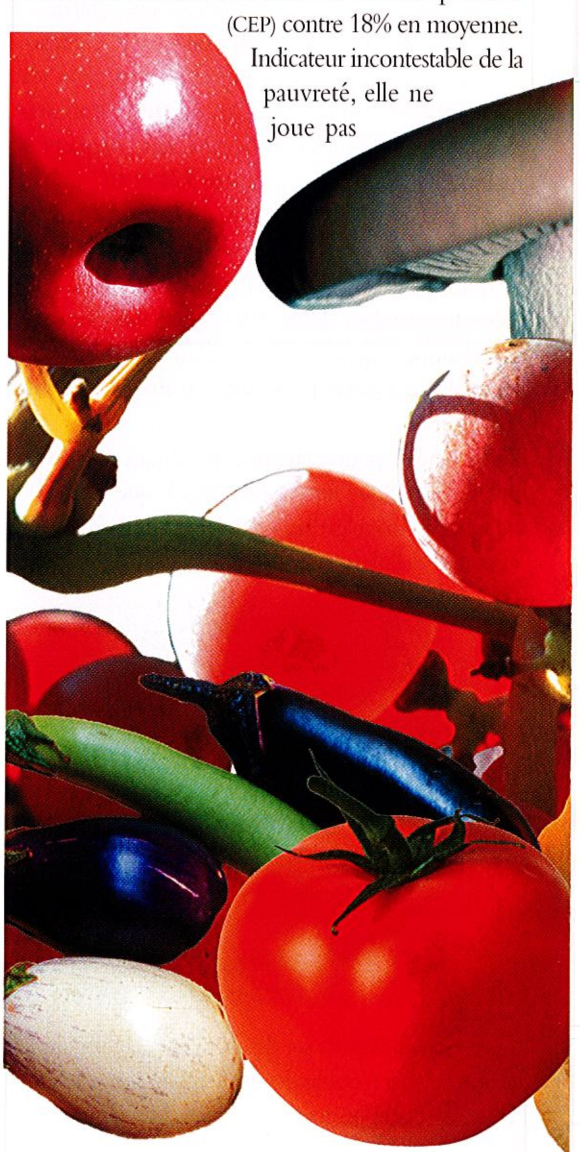
En collaboration avec une équipe Cnrs de Bordeaux, nous avons été les premiers à démontrer que des rafts existent chez les végétaux [2]. Une analyse systématique de l'ensemble des protéines de ces domaines est en cours. Elle permet de rechercher des plates-formes spécifiques de l'induction des réactions de défense des plantes. En effet, nos travaux précédents ont démontré que de nombreuses protéines de la membrane plasmique sont impliquées dans la signalisation cellulaire qui conduit à l'induction des mécanismes de défense des plantes.
(Cet article est paru dans le journal interne de Dijon, *1er Cru* n°57, avril 2005).

Jean-Pierre Blein, Didier Marion,
Umr Phytopharmacie et biochimie des interactions cellulaires, Inra Dijon,
Biopolymères, interactions assemblages, Inra Nantes

L'alimentation comme dimension spécifique de la pauvreté

Approches croisées de la consommation alimentaire des populations défavorisées

La pauvreté, qu'elle soit appréhendée à partir de critères monétaires (revenu, niveau de vie) ou non-monétaires (éducation, profession et catégorie socio-professionnelle (PCS)), a une répercussion sur l'alimentation des ménages. L'alimentation occupe en effet une position spécifique chez les ménages défavorisés par son importance dans le budget total : 22% pour les ménages en-dessous du seuil monétaire de pauvreté, 24% pour les ménages dans lesquels le niveau d'études maximum reste inférieur au Certificat d'études primaire (CEP) contre 18% en moyenne. Indicateur incontestable de la pauvreté, elle ne joue pas



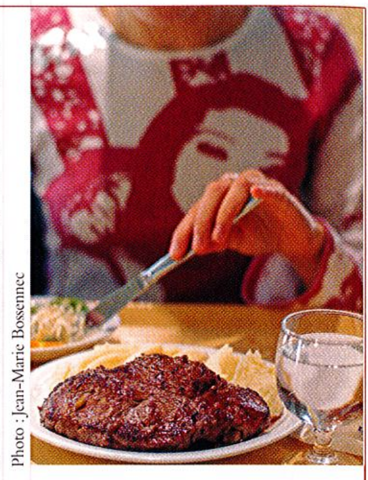
L'alimentation comme dimension spécifique de la pauvreté
Un séminaire sur ce thème a eu lieu le 27 juin 2005.
La synthèse intégrale paraîtra dans "Les travaux de l'observatoire national de la pauvreté et de l'exclusion" (2005), La documentation Française, Paris.
Cette synthèse est issue d'un rapport de recherche "L'alimentation des populations défavorisées comme dimension spécifique de la pauvreté en France" coordonné par France Caillavet. Laboratoire de Recherche sur la Consommation (Corela), département de Sciences sociales, Inra, 65 Boulevard de Brandebourg, 94205 Ivry-sur-Seine. Nous remercions l'Onpes pour son soutien financier.

1 La population monétairement pauvre a été définie selon des critères relatifs (1er décile, 1er quartile, seuil de pauvreté à 50% et 60% du revenu médian). En cela, l'analyse globale de la pauvreté est davantage celle de l'inégalité des ressources que de la pauvreté. Toutefois un seuil relatif débouche mécaniquement sur des mesures absolues. Selon l'angle de l'étude et l'enquête utilisée, plusieurs critères ont pu être choisis :
- **le décile de revenu** (le 1er décile désigne les 10% plus pauvres des ménages ; le dernier décile, les 10% les plus riches) convient bien pour une analyse continue de l'inégalité des dépenses alimentaires.
Le quartile (le 1er quartile désigne les 25% les plus pauvres des ménages ; le dernier, les 25% les plus riches) a été employé quand la taille de l'échantillon d'enquête s'est avérée trop faible pour le traitement statistique
- **les seuils de pauvreté basés sur une proportion du revenu médian**
Parmi les critères non monétaires, on a retenu :
- **le niveau d'études**
- **la PCS**
- **la distinction selon le sexe de la personne.**

le même rôle au niveau des inégalités puisque l'alimentation est le poste pour lequel l'écart des dépenses est le moindre : en niveau absolu la consommation du 1er décile[1] de revenu représente 39% de celle du dernier décile[1], alors que le budget des voyages et week-ends ne représente que 9%. Plus que la répartition des dépenses alimentaires entre catégories de produits, ce sont les formes d'approvisionnement (achats, repas à l'extérieur, autoconsommation) qui caractérisent la pauvreté. L'étude confirme que la consommation des ménages défavorisés est particulièrement sensible aux variations du revenu, notamment pour les produits céréaliers, les fruits et les produits laitiers, et très réactive aux prix pour des produits stratégiques sur le plan nutritionnel comme les corps gras ou les fruits et légumes. Pour autant, les mécanismes de réallocation budgétaire peuvent être très différents selon les produits, dénotant chez les ménages défavorisés une consommation plus flexible (corps gras) ou au contraire plus rigide (fruits et légumes) que sur l'ensemble de la population.

L'analyse de données individuelles permet de traduire la consommation alimentaire en termes de statut nutritionnel et d'apprécier les conséquences sur la santé des formes particulières d'alimentation des individus vivant dans des ménages défavorisés. Si on décèle un effet familial au niveau des apports caloriques (ménages de "gros ou petits mangeurs"), on ne peut inférer la qualité nutritionnelle (apports en fer, calcium, vitamine C) de l'alimentation d'un individu à partir de celle des autres membres du ménage. En effet, les principaux déterminants du statut nutritionnel se révèlent très différents pour l'homme et la femme au sein du même ménage. En particulier, le statut socio-économique (revenu, PCS) a une incidence sur l'alimentation des femmes et des enfants que l'on ne retrouve pas chez les hommes.

La relation forte entre éducation ou revenu et consommation alimentaire se retrouve dans l'approche sociologique de l'alimentation des populations défavorisées. Ainsi, l'obésité touche davantage les catégories les moins favorisées de la population : la prévalence de l'obésité est de 7% chez les femmes les plus riches (celles du dernier quartile[1] de revenu) et de 12% chez celles du premier quartile[1] ; de 4% parmi les femmes cadres supérieurs ou membres de professions intellectuelles supérieures, et près de 15% chez les ouvrières. L'analyse des liens entre statut social et obésité met ainsi en évidence le rôle des facteurs sociaux dans l'obésité chez les femmes ; ce qui constitue une caractéristique stable et remarquable, en France comme aux États-Unis. De la même façon, l'analyse des pratiques du régime alimentaire fait émerger la singularité de l'alimentation et de ses significations en milieu défavorisé. Au sein des ménages monoparentaux défavorisés coexistent différentes conceptions du régime selon les étapes dans le cycle de vie, l'ancrage dans la précarité et les perspectives futures. À l'opposé de situations où les corps et les situations sociales sont trop dégradés pour entreprendre un régime, il existe des configurations familiales où la précarité des conditions de vie est moins un obstacle qu'une situation que les femmes visent à dépasser, et dont le régime est partie prenante.


Photo : Jean-Marie Bossennec

France Caillavet (coord.), *Élise Andrieu, Nicole Darmon, Anne Lhuissier, Milan Momic, Faustine Régnier.*
Observatoire national de la pauvreté et de l'exclusion sociale (Onpes) 2005.



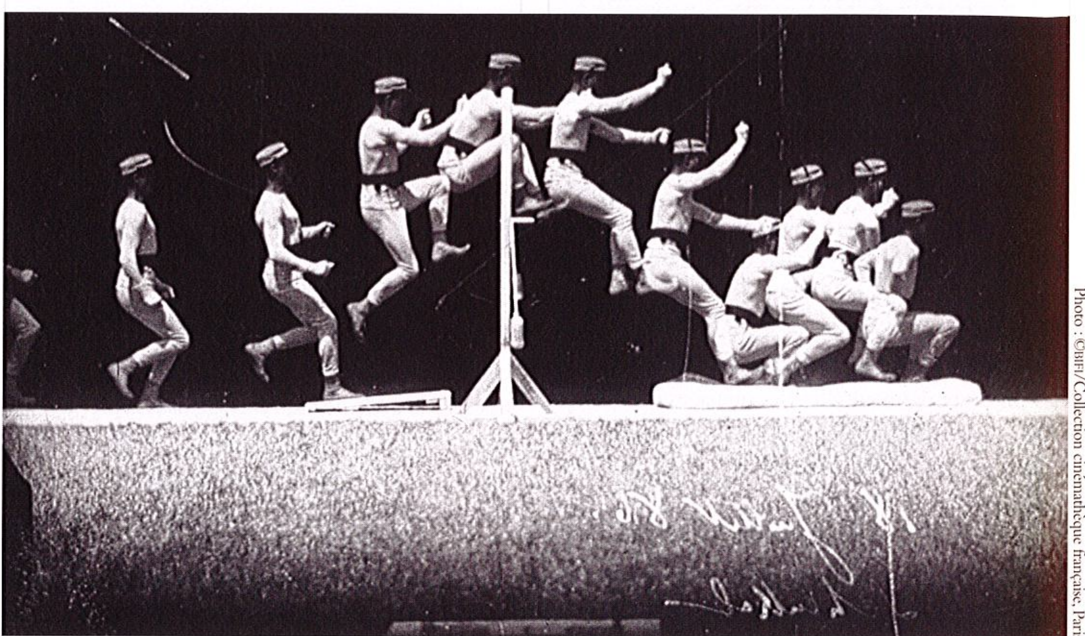
La fonte musculaire au cours du vieillissement n'est pas une fatalité :

une supplémentation alimentaire en leucine stimule la synthèse protéique musculaire

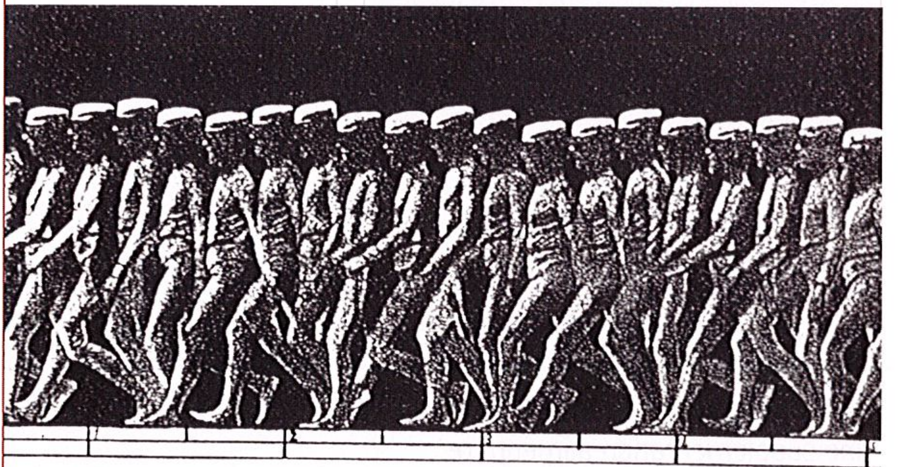
Le vieillissement s'accompagne d'une perte progressive de la masse musculaire, phénomène appelé sarcopénie, qui affecte l'état de santé des personnes âgées. Cette fonte musculaire entraîne une réduction de la force et de l'activité musculaires conduisant peu à peu à une diminution de la mobilité et de l'autonomie de la personne mais également altère ses capacités à se défendre contre d'éventuelles pathologies (infections, inflammations, fractures...). Une meilleure connaissance du métabolisme musculaire au cours du vieillissement permettrait de limiter la perte de la masse musculaire dans le but de préserver un état de bonne santé chez le sujet âgé.

Actualités scientifiques

L'Inra a lancé un essai au champ (Inra Colmar) de porte-greffe modifié génétiquement pour protéger la vigne d'une maladie virale, le court noué, sans traitement. Ni raisin ni vin ne seront produits.
http://w3.inra.fr/la_science_et_vous/dossiers_scientifiques/ogm/questions_de_recherche/porte_greffe_transgenique_de_vigne


Photo : ©BIFI/Collection cinémathèque française, Paris

▲ Chronophotographie. Saut de l'homme. Etienne Jules Marey, 1886.



▲ Un homme qui marche. Photographie instantanée. Etienne Jules Marey, 1884.

▼ Photographie instantanée des bandes de métal brillant appliquées le long de la jambe et du bras d'un coureur. Etienne Jules Marey, 1884.

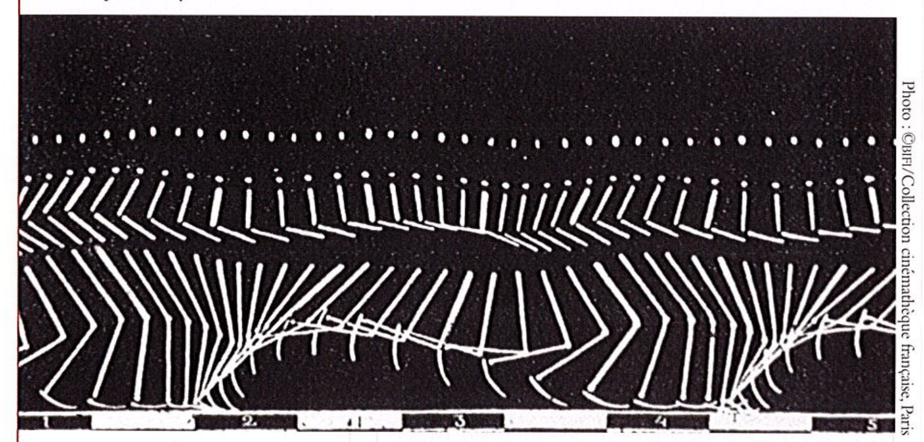
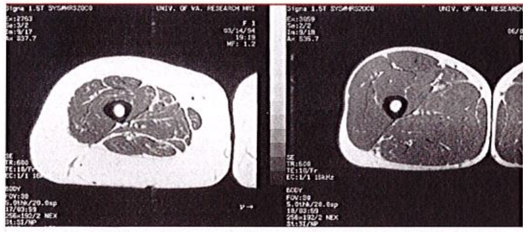


Photo : ©BIFI/Collection cinémathèque française, Paris

Le muscle représente le principal "réservoir" en protéines (46% de toutes les protéines corporelles pour un homme adulte). Ces protéines musculaires sont en permanence synthétisées (protéosynthèse) et dégradées (protéolyse). Bien que les causes exactes ne soient pas clairement élucidées, la perte de la masse musculaire devrait résulter d'un déséquilibre entre les vitesses de synthèse et de dégradation des protéines. En effet, un tel déséquilibre a clairement été mis en évidence à l'état postprandial : après l'ingestion d'un repas, la protéosynthèse musculaire est moins stimulée et en même temps la protéolyse musculaire est plus importante chez le sujet âgé par rapport à un sujet adulte. Les gains protéiques postprandiaux sont donc réduits et compensent moins bien les pertes postabsorptives (qui correspondent en général au jeûne de la nuit). Ce défaut d'anabolisme protéique postprandial chez la personne âgée pourrait donc être l'un des mécanisme de l'origine de la sarcopénie.

Les constituants des protéines alimentaires, les acides aminés, ont normalement un effet stimulateur sur le muscle. Néanmoins, leur action est atténuée chez le sujet âgé. Cette perte de sensibilité aux acides aminés contribuerait donc à la perte progressive de muscle au cours du vieillissement. Parmi les acides aminés, la leucine est celui qui a l'effet le plus puissant. Elle est capable de déclencher le mécanisme de protéosynthèse en activant des voies de signalisations intracellulaires directement reliées à la phase d'initiation de la traduction des protéines. La leucine est alors qualifiée de molécule "signal". Cependant avec l'âge, les quantités de leucine normalement présentes dans un repas ne sont plus suffisantes pour stimuler correctement la protéosynthèse. Cette perte de l'effet "signal" de la leucine avec l'âge pourrait expliquer, entre autres, le défaut de réponse au repas.


Coupe de la cuisse obtenue par résonance magnétique du proton à 70 et 48 ans chez l'homme. *Conley et coll. 1995.*

Nos études chez le rat âgé ont montré qu'une augmentation de la quantité de leucine ingérée (2 fois celle normalement consommée) permettait de retrouver une réponse normale, à savoir une stimulation correcte de la synthèse des protéines musculaires et une inhibition correcte de la protéolyse musculaire. Cet effet obtenu sur un seul repas n'est pas transitoire puisqu'une supplémentation chronique en leucine sur 10 jours reste bénéfique chez le rat âgé. De plus, nous avons pu également montrer qu'il était possible d'améliorer le niveau de synthèse postprandial des protéines musculaires du rat âgé en utilisant un apport protéique d'origine laitière riche en leucine. Toutefois, lors d'une agression physiologique simulée par un traitement aux glucocorticoïdes, le muscle du rat âgé n'est plus capable de répondre à la leucine même en utilisant des doses plus importantes. Ceci suggère qu'une supplémentation alimentaire en leucine n'est bénéfique sur le sujet âgé que si ce dernier est indemne de pathologies intenses.

Sur la base de nos résultats obtenus chez le rat, il nous apparaît désormais important de vérifier chez l'homme âgé sain si une supplémentation en leucine au cours du repas pourrait effectivement restaurer la stimulation de la synthèse protéique musculaire. La réalisation de ce projet permettra d'élaborer des stratégies nutritionnelles efficaces afin de limiter la perte de la masse musculaire au cours du vieillissement et de préserver ainsi la qualité de vie des personnes âgées.

(D'après l'*Écho des Puys* n°77).

Isabelle Rieu, Claire Sornet, Jean Grizard, Dominique Dardevet,
Nutrition et Métabolisme protéique, Clermont - Theix

La nouvelle réforme de la Pac et les exploitations laitières

L'Union européenne a adopté le 26 juin 2003 une nouvelle réforme de sa politique agricole commune. Cette réforme et ses modalités d'application suscitent de nombreuses interrogations. Des chercheurs de l'Inra ont réalisé une étude prospective à l'horizon 2008, centrée sur les exploitations laitières françaises. Quelles conséquences aura la baisse du prix du lait sur les différentes catégories d'exploitations ? Quel sera le niveau de dépendance de ces exploitations à l'égard des aides directes ? Quelles sont les principales implications du découplage des aides ?

- L'incidence de la baisse du prix du lait

Le conseil européen opérera entre 2004 et 2007 une baisse du prix du beurre de 25% et de la poudre de lait écrémé de 15%. Les répercussions de cette baisse sur le prix du lait payé aux producteurs sont difficiles à apprécier. En effet, plusieurs facteurs interfèreront sur le niveau des prix : l'évolution de l'équilibre entre l'offre et la demande au sein du marché communautaire, les rapports de force entre acteurs de la filière et l'issue des négociations en cours dans le cadre de l'organisation mondiale du commerce (Omc).

Du fait de l'hétérogénéité des structures et des écarts de performances économiques, les exploitations ne sont pas toutes capables d'affronter, avec la même force, une même baisse du prix du lait à la ferme. Les unités spécialisées et faiblement efficaces (ratio valeur ajoutée brute / production inférieur à 25%), seraient les plus fragiles à cet égard.

- La hausse importante des aides directes

Les paiements directs joueront un rôle de plus en plus déterminant dans la formation du revenu des producteurs de lait. Cette évolution marque une rupture importante après plusieurs décennies d'une politique basée sur des prix garantis. La réforme de la PAC devrait en effet entraîner une hausse moyenne des aides directes attribuées aux exploitations laitières de 53% entre 2000 et 2008 (sans prise en compte des effets imputables à la restructuration des exploitations, dont le rythme est d'environ 4% par an depuis plusieurs années).



Photo : Jean-Marie Bossennec

L'avant-projet de loi de programme pour la Recherche a été présenté le 5 octobre 2005 par Gilles de Robien et François Goulard. Un site dédié a été mis en ligne, qui donne accès à l'ensemble des textes de l'avant-projet, à une annexe budgétaire, à des fiches techniques... Le site est également accessible à partir des actualités de l'Intranet Inra.
www.pactepourlarecherche.fr

Actualités scientifiques


Photo : Christian Slagmulder

Dosage de la matière grasse du lait par la méthode Gerber. (Dépôt du lait dans le butyromètre renfermant l'acide sulfurique).

Ainsi, le montant moyen d'aides directes par exploitation, qui était de 2.600€ en 1990 et de 17.000€ en 2000 pourrait atteindre 26.100€ en 2008. Il deviendra alors supérieur à celui octroyé en moyenne nationale aux exploitations "ovins-caprins" (21.300€), comparable à celui des unités "bovins-viande" (29.100€), mais toujours inférieur à celui des unités "grandes cultures" (36.400€). Le ratio "aides directes sur revenu courant avant impôt (Rcai)" augmente lui aussi : de 14% en 1990 à 58% en 2000, il pourrait atteindre 125% en 2008. Ce taux de dépendance, qui devrait dépasser le seuil des 100% dans toutes les régions, sera néanmoins sensible à l'intensité réelle de la baisse du prix du lait (considérée, dans la simulation, à 20% sur la période étudiée).

- Le découplage et la régionalisation

La nouvelle réforme de la Pac prévoit que les aides directes (ou une partie d'entre elles en France) actuellement allouées dans le cadre des organisations communes de marché seront remplacées par un paiement unique à l'exploitation. Les États membres disposent de certaines marges de manœuvre pour appliquer ce dispositif : date d'entrée en vigueur (2006 pour la France) ; intensité du découplage (partiel ou total) ; application ou non d'une régionalisation (au sens des articles 58 et 59 du règlement communautaire n°1782), approche qui permettrait d'attribuer un montant d'aides directes à l'hectare commun entre tous les agriculteurs d'une même région (en substitution des aides existantes). Sous les deux hypothèses d'un découplage partiel versus total, la simulation réalisée par les chercheurs a permis, d'une part, d'évaluer le montant du paiement unique en 2008 pour différentes catégories d'exploitations laitières et, d'autre part, de mesurer les conséquences potentielles (sur les revenus) de l'adoption du principe de la régionalisation du paiement unique.

Les résultats montrent que le décalage observé entre le découplage total et le découplage partiel est plutôt faible pour les exploitations laitières ; ce qui n'est pas le cas pour d'autres types d'exploitations (bovins-viande et ovins-caprins). Dans le cas d'un découplage total, le paiement unique s'élèverait en moyenne nationale à 23.000€ par exploitation laitière. Dans le cas d'un découplage partiel, il serait de 19.100€.

Le montant du paiement unique par hectare diffère fortement selon les systèmes productifs. Dans le cas du découplage partiel (selon les modalités retenues en France), il serait en moyenne de 140€ dans les 23 500 exploitations laitières spécialisées du système "herbager", mais de 348€ dans les 26 500 unités spécialisées du système "maïs non limité".

Dans le cas d'un découplage partiel et compte tenu des choix opérés à ce stade en France, l'application d'une régionalisation du paiement unique aurait, dans toutes les régions, des conséquences négatives pour les exploitations laitières, notamment pour les plus intensives d'entre elles. Dans l'hypothèse d'un découplage total, les exploitations laitières du système "herbager" sortiraient largement gagnantes au détriment souvent des unités "bovins-viande".

L'évolution du prix du lait et les décisions qui seront prises en matière de mise en œuvre du découplage seront des facteurs-clés du rythme futur d'évolution des exploitations.

(D'après *Presse Info* du 8 septembre 2005).

Vincent Chatellier,
Études et recherches en économie, Lereco, Nantes

Ces travaux renvoient à des préoccupations plus générales telles que le maintien de la diversité ou les conséquences de la ré-introduction d'espèces... Les résultats déjà obtenus en Haute-Savoie sont sources de réflexions à toutes les échelles, en France, en Europe... ▼

Les truites des rivières de Haute-Savoie sont-elles autochtones, sont-elles sauvages ?

Les questions les plus simples aboutissent bien souvent à des réponses compliquées qui engendrent une cascade d'autres questions. Les truites communes (*Salmo trutta* L.) des rivières de Haute-Savoie sont-elles autochtones (issues d'une colonisation naturelle), sont-elles sauvages (bouclant naturellement leur cycle de vie) ? Voilà deux questions simples et légitimes, pour le scientifique, le pêcheur, le gestionnaire de la pêche et des milieux aquatiques, le promeneur ou le naturaliste intéressé par la rareté ou l'endémisme éventuel de telle ou telle population de truite.

C'est pour tenter d'y répondre que la Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, en partenariat avec la station Inra de Thonon-les-Bains, ont lancé un programme ambitieux comportant deux études complémentaires :

• la première étude[1] consiste, en 3 années, à identifier, localiser et caractériser sur les plans génétique, biologique et écologique, les populations de truites présentes en rivière et en particulier les populations autochtones encore existantes sur l'ensemble du département

• la seconde étude permet, en évaluant les proportions relatives de truites issues des introductions et de la reproduction naturelle, d'estimer l'efficacité des alevinages en truite réalisés par les associations de pêche en rivière.

Ce programme a été caractérisé par son ambition de travailler en grandeur réelle, à l'échelle d'un département entier, en visant la mise au point de méthodes opérationnelles de conservation et de gestion durable du patrimoine truite. Il a nécessité la mise au point de méthodes spécifiques (par exemple : échantillonnage à grande échelle, marquage de masse) et des protocoles d'études interdisciplinaires associant généticiens, écologistes, halieutes et gestionnaires des ressources piscicoles.

Quelle est l'origine des truites dans les rivières en Haute-Savoie ?

Des analyses génétiques réalisées par l'Inra et le Cnrs sur le territoire national ont montré l'existence d'une différenciation géographique des populations de truite avec la présence d'une forme atlantique et d'une forme méditerranéenne en rapport avec les deux grands bassins qui découpent le territoire français [1]. Les truites qui ont colonisé les rivières haut-savoyardes après le retrait des glaciers, il y a environ 10 000 ans, sont venues de la zone méditerranéenne en empruntant l'axe du Rhône et de ses affluents. Ainsi, la truite autochtone présente en Haute-Savoie appartient au rameau évolutif méditerranéen (souche méditerranéenne). Par contre les bassins hydrographiques français de la façade atlantique ont été colonisés à partir de la zone atlantique par un rameau évolutif différent dit atlantique (souche atlantique). À l'origine donc, les deux souches présentes (méditerranéenne et atlantique) sur le territoire français étaient géographiquement séparées. À la suite de la redécouverte de la fécondation artificielle [3], des repeuplements massifs de truites ont été pratiqués pendant plus d'un siècle sur l'ensemble du territoire français. Or les géniteurs utilisés en pisciculture et progressivement domestiqués étaient, jusqu'à une période récente, quasi uniquement de souche atlantique. En Haute-Savoie, ces repeuplements ont massivement introduit pendant près de cent ans des truites de forme atlantique dans des bassins naturellement peuplés par la forme méditerranéenne autochtone.

Un objectif majeur du programme a été de rechercher s'il existait encore des populations peu hybridées de truites autochtones méditerranéennes en Haute-Savoie. Cette première phase d'identification a abouti dans un premier temps à une démarche globale de conservation des populations autochtones repérées. Ensuite, une phase plus active a consisté à mettre en place des opérations de réhabilitation de populations en déclin voire de reconstruction de nouvelles populations sur le territoire haut-savoyard.

- Programme de recherches et premiers résultats

Plus de 180 secteurs de rivières ont été échantillonnés par pêche électrique. Chacune des truites adultes capturées (près de 5 000) a été anesthésiée, mesurée et des prélèvements d'écailles et d'un petit morceau de nageoire ont été réalisés. Tous les poissons ont été remis à l'eau vivants après les prélèvements. Les écailles ont



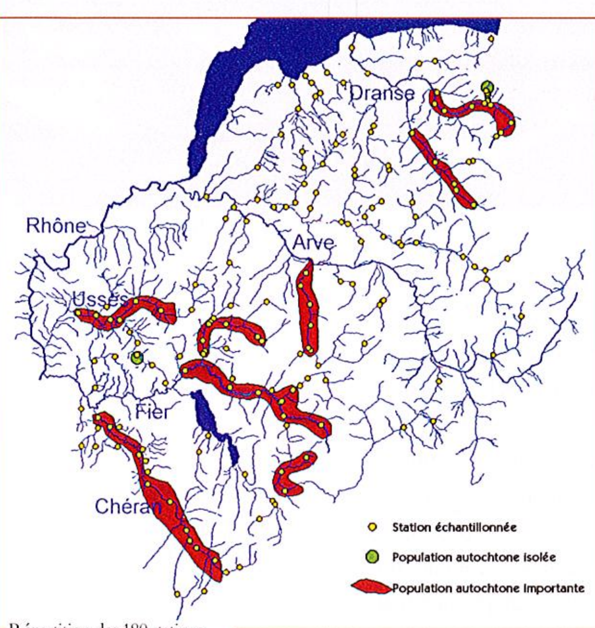
Photo : Didier Marie

Truites de souche atlantique.

Tous nos remerciements à la revue de l'association Arve Léman Savoie Nature, *Nature et Patrimoine en Pays de Savoie* -ALSN- n°15 - 3.2005. Cet article reprend l'essentiel de celui paru en mars 2005 et a été actualisé en septembre 2005.

[1] Ce programme intitulé "Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en Haute-Savoie et en Vallée d'Aoste" fait l'objet d'une aide de l'Europe grâce aux fonds européens INTERREG III A.

Actualités scientifiques



Répartition des 180 stations d'échantillonnage sur l'ensemble du département et la localisation des 10 populations de truites autochtones identifiées.

Toutes les illustrations de cet article sont de la Fédération 74 pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique.

Nous tenons à remercier les nombreux partenaires financiers sans lesquels ces deux programmes n'auraient pas pu être réalisés : Conseil Général de la Haute-Savoie, Conseil Régional Rhône-Alpes, Agence de l'Eau Rhône, Méditerranée et Corse, ministère de l'Écologie et l'Europe. Nous remercions également le PNR du massif des Bauges pour sa mise à disposition de données génétiques sur le Chéran.
Plusieurs partenaires de la pêche et de la protection des milieux aquatiques (Fédération, AAPPMA, Inra, CSP) se sont mobilisés autour de ce projet départemental porté par la Fédération de la Pêche et de la Protection des Milieux Aquatiques de Haute-Savoie.

Articles et rapports disponibles sur :
www.pechehautesavoie.com
"rubrique études et travaux"
www.truites-autochtones.org

été utilisées pour déterminer l'âge par scalimétrie et seuls des individus d'âge 2+ ou supérieur ont été caractérisés. Les prélèvements de nageoire ont été analysés par le laboratoire Inra de Génétique des poissons à Jouy-en-Josas. Des marqueurs microsatellites qui permettent de différencier de manière certaine les deux rameaux évolutifs ont été développés et validés sur un panel de populations domestiques et méditerranéennes de diverses origines [2]. Leur application au génotypage des populations de Haute-Savoie a permis de quantifier le degré d'introgression des populations autochtones par les truites atlantiques issues des repeuplements et d'identifier les populations ayant conservé une forte composante méditerranéenne.

Les premiers résultats de l'analyse de plus de 1800 poissons ont permis de localiser précisément les populations de truites autochtones encore présentes en Haute-Savoie. Les résultats sont prometteurs. En effet, malgré un siècle de repeuplements massifs avec les souches atlantiques, 22 secteurs représentant 10 populations méditerranéennes peu introgressées ont été découverts (cf carte pour les grandes zones). Une analyse génétique plus approfondie est en cours pour préciser le degré d'originalité de ces populations afin de prendre des décisions de gestion cohérentes par bassin versant.

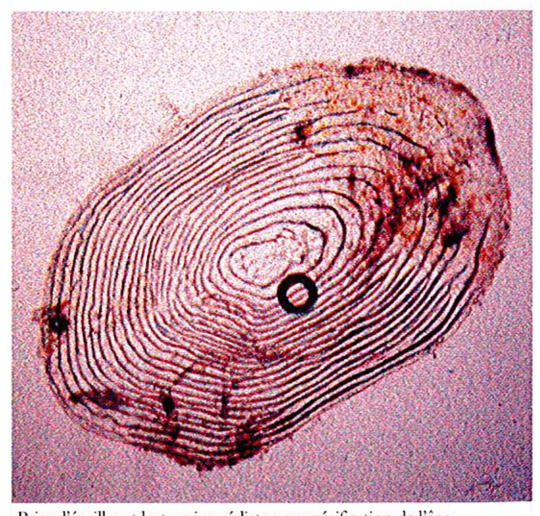
Le repérage géographique des populations autochtones est une première étape. Dès à présent, en raison des résultats scientifiques acquis, des premières mesures de conservation de ces populations ont été prises par les gestionnaires. Des zones sanctuaires sans repeuplement ont été mises en place sur tout ou partie des rivières abritant les populations peu introgressées. Outre la création de zones sanctuaires et l'aménagement ciblé des milieux, d'autres stratégies de gestion ont été et sont testées sur des sites pilotes. Par exemple : l'installation de nouvelles populations par le biais de repeuplements temporaires à partir d'alevins issus de stocks captifs de géniteurs méditerranéens. Des premiers résultats ont été obtenus permettant déjà d'envisager la reconquête opérationnelle d'autres rivières à partir des populations autochtones fonctionnelles découvertes.

Sur certains sites pilotes plus anciens (Dranses amont), l'objectif a déjà été atteint et les repeuplements de réhabilitation ont cessé laissant à nouveau place à un recrutement naturel de truites méditerranéennes.

Les populations ont également été caractérisées et comparées sous de nombreux aspects : leur abondance évaluée par pêche électrique, la réussite ou non de la reproduction naturelle, leur croissance, leur longévité (plus longue pour les truites méditerranéennes). Les truites analysées génétiquement ayant également été photographiées, une étude par analyse d'images numérisées a permis de mettre en relation le génotype avec certaines caractéristiques externes telles que : ponctuations de la robe, forme du corps (morphométrie géométrique), taille des nageoires.
Enfin, les caractéristiques et la qualité du milieu sont également étudiées (qualité de l'eau, température, habitat, présence d'obstacles, ...) permettant de rechercher des facteurs structurant la répartition des populations et d'établir des "cartes de risques" utiles aux gestionnaires des milieux et des populations.

Les pratiques de repeuplements en truites des cours d'eau sont-elles efficaces ?

Chaque année, près de 3 millions d'alevins de truite de souches atlantiques domestiquées ou de souches méditerranéennes sont introduits le plus souvent à des stades précoces dans les cours d'eau de Haute-Savoie par les associations de pêche. Mais que deviennent ces poissons après 6 mois, 1 an ou 2-3 ans de vie en rivière ? Les poissons présents sont-ils ou non issus de ces introductions ? La reproduction naturelle suffirait-elle ou non à maintenir à elle seule des populations de truites en bon état ? Et au final, les truites capturées



Prise d'écailles et lecture immédiate pour vérification de l'âge.

Observation au microscope d'un otolithe marqué (anneau fluorescent).



par les pêcheurs tout au long de leur saison proviennent-t-elles de ces introductions ou sont-elles sauvages ? Autant de questions qui intéressent au plus haut point les gestionnaires de la pêche mais également les scientifiques qui cherchent à évaluer ce mode de gestion qui fait actuellement l'objet de très vifs débats aux niveaux local, national et international.

- Des techniques de marquage ont été développées

Pour répondre aux interrogations, il était nécessaire de pouvoir différencier les poissons naturels et les poissons introduits en marquant ces derniers.

Une technique de marquage permettant de marquer de manière fiable et durable de grande quantité de poissons dès le stade alevin vésiculé a donc été développée par la station Inra de Thonon [4] [5]. Des premiers essais de suivi en milieu naturel durant plusieurs années à une échelle de travail moyenne ont été réalisées sur le Doubs et le Fier [6] [7]. Les résultats concluants de ces premières expériences ont permis d'envisager un changement d'échelle et d'entreprendre à partir de 2002 un travail sur l'ensemble du département de la Haute-Savoie. L'importance spatiale et temporelle de l'échelle de travail a nécessité la mise au point d'une méthodologie spécifique et sa validation [8].

La technique consiste à marquer en pisciculture les otolithes contenus dans la tête des poissons en plongeant des alevins 3 heures dans un colorant vital (l'alizarine red S = ARS). Le marquage est fiable et efficace puisque des études préalables ont montré que 100% des alevins baignés dans le colorant étaient marqués et que le marquage tenait de nombreuses années (5 années minimum).

L'aspect contraignant de cette méthode est que la recherche du marquage ne peut se faire que sur des poissons morts puisqu'il faut extraire les otolithes pour voir s'ils sont marqués (examen des otolithes polis en microscopie à épifluorescence).

Pour suivre l'efficacité des repeuplements sur toute la Haute-Savoie, le protocole suivant a été mis en place :

• Tous les alevins de truite introduits dans les rivières de Haute-Savoie, soit environ 3 millions par an ont été marqués pendant 3 années consécutives (2002, 2003 et 2004). L'ensemble du repeuplement ayant été marqué, il est possible d'appliquer les équivalences suivantes : truite marquée = truite introduite, truite non marquée = truite naturelle.

• Les plans d'alevinage des associations de pêche ont été recueillis et, pour chaque tronçon de rivière, les renseignements suivants ont été récoltés : origine du poisson, quantités introduites, le stade de relâcher (alevins, truitelles, ...) et la date à laquelle a eu lieu le repeuplement. Ces données ont ensuite été informatisées et cartographiées à l'aide d'un logiciel de cartographie (SIG=Système Informatique Géographique) permettant de spatialiser les informations pour faciliter leur traitement.

• Des prélèvements de poissons au stade truitelle (0+) ont été réalisés par pêche électrique sur de nombreux secteurs de rivière, l'objectif étant, en 3 années, de couvrir la majorité du département. À titre d'exemple, pour 2002 et 2003, ce sont au total plus d'une centaine de stations qui ont été échantillonnées.

• En laboratoire sur chaque truitelle, en plus de la présence ou non de la marque, les données suivantes ont été récoltées :

- la longueur totale qui permet de faire des comparaisons de taille entre différents secteurs de rivières
- la taille de la nageoire pectorale en vue de comparaisons inter-sites et entre poissons naturels et introduits
- le poids permettant des calculs de cœfficient de condition (embonpoint)
- l'âge par lecture des écailles
- le sexe et l'état de maturité
- l'état sanitaire (présence éventuelle de symptômes de maladies).

Pour chaque secteur échantillonné, le pourcentage de poissons introduits présents dans la population a été évalué (% de marqués) ainsi que la contribution du recrutement naturel obtenue par différence.

Les prélèvements ne s'arrêtent pas au stade truitelle mais vont jusqu'au stade adulte. Une idée originale a été de faire appel à des pêcheurs à la ligne volontaires pour répondre à la difficulté d'un échantillonnage des adultes à l'échelle de l'ensemble du département[2].

Variabilité des robes des poissons autochtones sur différentes rivières de Haute-Savoie.

▲ Chevenne

▲ Dranse d'Abondance

▲ Dranse morzine

▲ Borne

▲ Fier

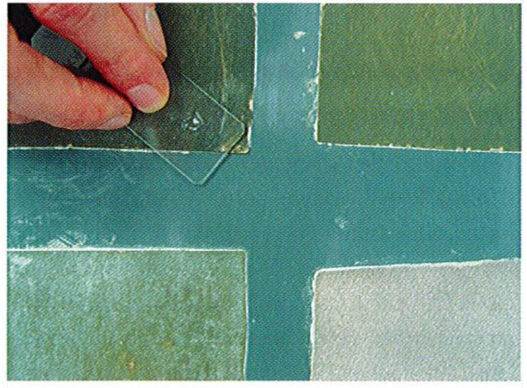
▲ Chaise

▲ Chéran

▲ Fillière

[2] Ainsi, pendant 3 années consécutives en 2004, 2005 et 2006, de nombreux pêcheurs volontaires participant à cette étude sont et seront amenés à conserver au congélateur les têtes des truites qu'ils capturent ainsi que des écailles et à remplir un carnet de pêche spécifique. Ce travail permet de connaitre pour chaque saison de pêche, rivière par rivière et classe d'âge par classe d'âge, la proportion des captures des pêcheurs issues du repeuplement et de la fraie naturelle ainsi que les caractéristiques des truites capturées.

Polissage de l'otolithe.



Otolithe sur une lame de verre.

Actualités scientifiques

Pour en savoir plus

[1] Krieg F., Guyomard R., 1985. Populations genetic of French Brown trout (*Salmo trutta*) : large geographical differentiation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. *Génétique, Sélection, Évolution*, 17, 225-242.

[2] Estoup A., Largiader C.R., Cornuet J-M., Gharbi K., Presa P., Guyomard R., 2000. Juxtaposed microsatellite systems as diagnostic markers for admixture: an empirical evaluation with brown trout (*Salmo trutta* L.) as model organism. *Molecular Ecology*, 9, 1873-1886.

[3] Thibault M., 1983. Les transplantations de Salmonidés d'eau courante en France, saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et truite comune (*Salmo trutta* L.). *C.R. Soc. Biogeogr.*, 59, 405-420.

[4] Rojas Beltran R., Champigneulle A. and Vincent G., 1995. Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* L. and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrine fishes. *Hydrobiologia*, 300/301, 399-407.

[5] Champigneulle A., Rojas Beltran R., 2001. Le marquage des poissons. In Gerdeaux D (Éd.) Gestion piscicole des grands plans d'eau, 311-346, Inra, Paris.

[6] Champigneulle A., Degiorgi F., Raymond J.-C., Cachera S., 2002. Dynamique spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en stades précoces de truite (*Salmo trutta* L.) dans la population en place et dans la pêche sur le Doubs franco-suisse. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366, 471-485.

[7] Caudron A., Champigneulle A., 2002. Évaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisés à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366, 455-469.

[8] Caudron A., Champigneulle A., 2006. Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta*) à l'aide de l'alizarine red S. *Cybium*, sous-presse.

[9] Caudron A., Champigneulle A., Vulliet J.P., 2003. Évaluation du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie. Campagne 2002, étude du stade 0+ dans la Fillière, le Borne, le Giffre, le Foron du Reposoir et le Foron de Fillinges. Rapport Inra Thonon SHL 237-2003 et FDP74.03/06, 42 pp.

- Premiers résultats

Les résultats de la première année d'étude des juvéniles (prélèvement de truitelles en 2002) sont succinctement présentés ici à titre d'exemple. L'ensemble des résultats est détaillé dans un rapport d'étude [9]. Sur les 37 stations étudiées en 2002, réparties sur 5 bassins versants différents :

- les pourcentages de poissons marqués, donc d'alevins introduits, varient de 0 à 100%
- 52% des stations ont un taux de marqués, inférieur à 40%, 8% un taux de marqués entre 40 et 60% et 40% ont un taux de marqués supérieur à 60% au stade 0+
- sur les grandes rivières, la part des poissons introduits dans la population est toujours minoritaire par rapport à celle des poissons naturels. Par contre, sur les affluents ou les petites rivières, les taux de poissons marqués peuvent être très variables.

Ces données au stade juvénile, complétées par les données au stade adulte (étude génétique et suivis dans la pêche) permettent le repérage des populations fonctionnelles ou non. Plusieurs premiers facteurs (présence d'obstacles infranchissables, températures de l'eau trop élevées, habitats dégradés) permettent d'expliquer certains des résultats obtenus. Cependant, les causes de l'efficacité ou de l'inefficacité des repeuplements (ou du recrutement naturel) peuvent être multiples et variables d'un site à l'autre d'où la nécessité de diagnostics au cas par cas.

Les observations concernant l'état sanitaire des truitelles ont en particulier permis de révéler, sur certains secteurs, l'existence d'une maladie appelée tétracapsuloïdose (PKD) engendrée par un parasite dont le cycle de vie passant par des bryozoaires est favorisé par l'eutrophisation et par des températures d'eau dépassant 15°C pendant environ un mois. Selon les stations, de 0 à 55% d'individus touchés par la PKD ont été trouvés. Cette maladie est visible uniquement au stade juvénile et peut provoquer jusqu'à 70-90 % de mortalité chez les individus atteints. Elle touche indépendamment les individus introduits et les individus naturels. Les individus qui en réchappent sont immunisés. Ce facteur de mortalité est donc à prendre en compte dans le contexte actuel de réchauffement climatique et d'étiage estival marqué.

Un autre résultat novateur est la mise en évidence d'une taille des nageoires pectorales supérieure chez les individus naturels comparativement aux individus issus du repeuplement. Ce caractère morphologique est un élément déterminant pour la survie des truites en milieu naturel, notamment pour la stabilité, la résistance aux courants forts des torrents et la recherche de nourriture. Il pourrait traduire une adaptation des truites à leur environnement.

Premières implications opérationnelles pour la gestion

Pour la première fois en France, les opérations de repeuplement ont été évaluées, à court terme et à long terme, à l'échelle d'un département entier. Les études menées montrent clairement que l'état, les caractéristiques des populations et les contributions du repeuplement et du recrutement naturel sont très variables selon les rivières et même les sites. Ces résultats indiquent donc la nécessité d'une gestion mieux différenciée et ciblée en prenant en compte les caractéristiques des sites et des populations concernées.

Les premiers résultats génétiques sont très encourageants car ils démontrent qu'il reste encore un important patrimoine truite en Haute-Savoie. Les sites et les populations autochtones les plus importants ont été localisés.

Il a d'ores et déjà été proposé et réalisé la mise en place d'une stratégie prioritaire de sauvegarde des populations peu hybridées qui ont été repérées. La protection de ces populations est renforcée par l'abandon des repeuplements en truites non indigènes et par des aménagements ciblés du milieu. Ces populations "sources" sauvegardées offriront alors des possibilités de réintroduction de populations natives adaptées à l'environnement local du rameau méditerranéen dans les rivières dont la qualité du milieu aura été rétablie assurant ainsi le maintien de la diversité de l'espèce. De telles stratégies de réhabilitation de populations méditerranéennes sauvages à moyen terme sont déjà en cours d'expérimentation et certaines ont déjà donné des résultats positifs. On peut donc désormais entrevoir une gestion durable du patrimoine truite en Haute-Savoie. L'état des lieux établi lors de ce programme et l'expérience acquise permettent de considérer ce réseau hydrographique comme un site privilégié d'étude et de validation de méthodes d'ingénierie de la conservation et de la réhabilitation des populations de truite.

Alexis Champigneulle,
Umr université de Savoie-Inra, Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques des écosystèmes limniques (Carrtel), Thonon-les-Bains

René Guyomard,
Génétique des poissons, Jouy-en-Josas

Arnaud Caudron,
Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du milieu aquatique

Presse info w3.inra.fr/presse

Juillet 2005

- Le comportement de butinage du bourdon en serre de tomates

Pour certaines plantes, l'activité pollinisatrice des abeilles domestiques est limitée, voire nulle. Par exemple, la fleur de tomate ne peut libérer son pollen que si elle est "vibrée", comme une salière, et l'abeille domestique est incapable de faire vibrer la fleur. Sous serre, la production de tomates a longtemps dépendu de l'homme pour agiter les fleurs manuellement ou automatiquement grâce à l'usage de vibreurs électriques. À la fin des années 80, les premières colonies de bourdon d'élevage (*Bombus terrestris*) ont été introduites en serre en Belgique et aujourd'hui, leur usage en serre de production de tomates est largement répandu en France. Pour optimiser l'action des bourdons, des chercheurs de l'Inra de Rennes ont étudié leur comportement de butinage. Ils ont montré que les insectes se répartissent statistiquement sur les fleurs de tomate au prorata des ressources disponibles en pollen.

Contact : Jacqueline Pierre, Umr Biologie des organismes et des populations appliquée à la protection des plantes, Inra-AgroCampus Rennes, Rennes.

- Mesure de l'importance agronomique et économique des insectes pollinisateurs

L'incidence des insectes pollinisateurs, principalement les abeilles, dans la pollinisation est difficile à mesurer car d'autres agents comme le vent ou l'auto-pollinisation passive contribuent aussi à la pollinisation de la plupart des plantes. Lorsque l'on parvient à quantifier l'action de ces vecteurs, on réalise combien le rôle des abeilles est important. Les chercheurs de l'Inra ont mis récemment au point une méthodologie pour mesurer l'incidence de la pollinisation réalisée par les insectes sur le rendement et la qualité des productions en termes agronomiques et économiques. Cette méthode, standardisée et reconnue par les scientifiques et les producteurs, sera utilisée dans cinq pays en 2005, dans le cadre du projet européen Alarm, pour évaluer l'impact du déclin des pollinisateurs sur les cultures.

Contact : Bernard Vaissière, Umr Écologie des invertébrés, Inra-université d'Avignon, Avignon.

- Localisation de 1454 gènes d'intérêt agronomique sur les chromosomes du maïs

Un grand programme de cartographie mené en collaboration avec des chercheurs de l'unité mixte de recherche Inra-Cnrs-université ParisXI-Inapg[1] de Gif-sur-Yvette et de Biogemma[2] à Clermont-Ferrand dans le cadre de Génoplante, a permis de déterminer chez le maïs la position chromosomique de 1454 gènes susceptibles d'intervenir dans un caractère d'intérêt agronomique (comme par exemple : la tolérance à la sécheresse). Ces données, qui ont fait l'objet d'une publication dans la revue internationale *Genetics*, faciliteront grandement le repérage cartographique des chromosomes, étape indispensable au séquençage du génome complet du maïs, actuellement en cours.

Contacts : [1]Matthieu Falque, Umr Génétique végétale Inra-Cnrs-Ina pg-université Paris XI, Versailles-Grignon. [2]Alain Murigneux Biogemma

- Comprendre l'obésité chez l'enfant : pour une lutte et une prévention efficaces

L'obésité est une préoccupation importante des populations en raison de son évolution rapide et de ses conséquences médicales, sociales et psychologiques. Elle affecte aussi bien l'homme adulte que l'enfant. L'évolution actuelle est particulièrement alarmante chez les enfants et les adolescents. Des chercheurs de l'Inra ont étudié l'influence d'une prise en charge multidisciplinaire d'adolescents obèses sur l'évolution à court et à moyen termes de leur composition corporelle, leurs capacités physiques, leurs dépenses énergétiques et les principaux paramètres métaboliques et hormonaux. Une activité physique régulière et une alimentation équilibrée permettent une perte de poids, mais les chercheurs ont également montré que l'organisme s'adapte à la restriction énergétique. En effet, pour effectuer un même travail musculaire, l'organisme qui s'est adapté devient plus "efficace" et utilise moins d'énergie.

Contacts : Yves Boirie, Umr Métabolisme protéino-énergétique Inra-université Clermont I, Clermont-Ferrand-Theix.

Septembre 2005

Les autres textes de ce n° sont repris intégralement dans d'autres rubriques.

- Un détecteur des carences alimentaires découvert dans le cerveau

Dans la nature, le comportement des animaux est dicté en partie par la recherche d'aliments susceptibles d'apporter les éléments nutritifs essentiels au fonctionnement de l'organisme. Les animaux omnivores, dont l'homme fait partie, maintiennent un statut nutritionnel équilibré, en utilisant diverses sources de nourriture. Quand ils sont soumis à un régime alimentaire dépourvu d'un acide aminé indispensable, ils sont capables de détecter cette carence et de développer une aversion alimentaire, rejetant ce régime considéré comme nocif et favorisant ainsi une alimentation équilibrée. À l'Inra de Clermont-Ferrand, des chercheurs[1] viennent d'identifier un "détecteur" de la carence en acide aminé dans le cerveau de la souris, la protéine kinase GCN[2], à l'origine du comportement d'aversion alimentaire.

Contacts : Anne-Catherine Maurin, Pierre Fafournoux, Nutrition et métabolisme protéique, Clermont-Ferrand-Theix.

Source :
The GCN2 kinase biases feeding behavior to maintain amino acid homeostasis in omnivores Cell Metabolism: April 2005; 1:273-277.

Anne-Catherine Maurin[1], Céline Jousse[1], Julien Averous[1], Laurent Parry[1], Alain Bruhat[1], Yoan Cherasse[1], Huiqing Zeng[2], Yuhong Zhang[2], Heather P. Harding[2], David Ron[2], and Pierre Fafournoux[1]

[1] Unité de Nutrition et Métabolisme Protéique, Institut National de la Recherche Agronomique, France

[2] Skirball Institute of Biomolecular Medicine, New York University School of Medicine, New York, New York 10016

Communiqués de presse

• 6 septembre 2005

- L'Inra et Agrocampus Rennes au Space, septembre 2005

À l'occasion de la 19ème édition du Space (Salon de la Production Agricole-Carrefour Européen), l'Inra et Agrocampus Rennes se sont associés pour présenter les résultats de recherches sur le thème "Marchés, systèmes de production agricoles : quelles perspectives dans le cadre de la nouvelle politique agricole commune ?".

L'Union européenne a adopté le 26 juin 2003 une nouvelle réforme de sa politique agricole commune. Cette réforme et ses modalités d'application suscitent de nombreuses interrogations. Quelles seront les conséquences sur les équilibres des marchés agricoles français et européens ? Quels seront les impacts sur les exploitations agricoles ? Comment vont-elles devoir s'adapter ?
Les travaux des chercheurs du département des sciences sociales de l'Inra ont pour but de prévoir les évolutions des exploitations agricoles et des marchés face aux changements et d'éclairer ainsi les décideurs publics et l'ensemble des acteurs professionnels.

Cinq exemples ont illustré les récents résultats de recherche Inra sur ce thème :
- les perspectives de l'agriculture européenne à l'horizon 2008
- l'option française du recouplage partiel des aides aux agriculteurs
- l'avenir des systèmes de production laitiers
- les impacts de la réforme de la PAC sur les exploitations céréalières
- les enjeux de la réforme en production bovine.

Un éclairage particulier a été également donné sur l'avenir de l'approvisionnement breton en matières premières pour l'alimentation animale à travers un outil dénommé Feedsim.

Prenant en compte les préoccupations actuelles des professionnels de l'élevage, l'Inra et Agrocampus Rennes ont proposé aux acteurs des filières de production animale, une après-midi de conférences sur les deux thèmes suivants :
- effets de l'alimentation et de la génétique des vaches laitières sur les caractéristiques des laits et des produits laitiers, par Catherine Hurtaud, Unité mixte de recherche Inra-Agrocampus Rennes "Production du lait"
- facteurs d'élevage et qualité nutritionnelle de la viande de porc, par Jacques Mourot, Unité mixte de recherche Inra-Agrocampus Rennes "Systèmes d'élevage, nutrition animale et humaine".

• 21 septembre 2005

- Les sécheresses, telles celle de l'été 2003, auraient un impact durable sur les écosystèmes terrestres Cea-Cnrs-Inra

Des chercheurs du laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, unité mixte Cea-Cnrs, en association avec l'Inra et de nombreux laboratoires européens du projet CarboEurope[1], ont analysé les impacts de la sécheresse survenue durant l'été 2003 et ont montré que ce type d'événement pouvait modifier à long terme et de manière significative les échanges de gaz carbonique du continent et donc le fonctionnement des écosystèmes. Ces résultats font l'objet d'une parution dans *Nature* ("Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003" vol 437, n° 7058, 22 septembre 2005).

Contacts : Philipe Ciais, Lsce (Cea)
André Granier, Écologie et Écophysiologie Forestières, Nancy - Denis Loustau, Écologie Fonctionnelle et Physique de l'Environnement, Bordeaux - Jean-François Soussana, Agronomie, Clermont-Ferrand.

[1] Le projet CarboEurope, développé dans le cadre du 6ème Pcrdt, a pour but de quantifier les échanges de gaz carbonique en Europe et de déterminer leurs effets à l'échelle du continent.

Façade n°2005/22 - trimestriel

www.inra.fr/sad/publications/fasade.html

- Signaler et garantir la qualité du produit. La gouvernance des transactions dans les filières agro-alimentaires

Afin de capter ou de garder l'attention et la confiance du consommateur, la réputation d'un produit s'appuie sur la pertinence de la signalisation et la garantie de qualité, variables décisives dans le jeu concurrentiel des marchés agro-alimentaires. Elles se traduisent, tout au long des filières, par des référentiels techniques, des cahiers des charges spécifiant les caractéristiques et les indicateurs de qualité des produits ou des méthodes de production. Elles s'appuient sur une diversité de formes de transaction adaptées à la mise en œuvre et au contrôle des standards de qualité.

Contacts : Emmanuel Raynaud, Umr Sadapt et au centre Atom (université Paris 1)
Loïc Sauvée, Institut supérieur d'agriculture de Beauvais - Egizio Valceschini, Umr Sadapt, Inra Versailles-Grignon. ■

INRA Partenaire

Partenariat professionnel

La Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers

Les gestionnaires forestiers ont toujours souhaité pouvoir disposer d'outils leur permettant de **simuler l'évolution d'un peuplement** en fonction d'un certain nombre de paramètres (milieu, matériel végétal, sylviculture...).



Photo :Michel Pitsch

Merisier.

À l'échelle de la parcelle en effet, de tels outils permettent **d'optimiser des interventions en fonction des objectifs assignés au peuplement**. À d'autres échelles, des outils similaires permettent **d'estimer les ressources forestières**.
Le développement des techniques de modélisation a relancé l'intérêt pour la mise en place de coopérations pour le recueil des données nécessaires à la construction, au calage et à la validation de ces modèles.

Il est fondamental, pour mettre au point des modèles fiables, de disposer de données nombreuses et de qualité. Mais l'acquisition de ces données dans le domaine forestier se heurte à de nombreuses difficultés : multiplicité des paramètres, longueur des délais d'obtention, caractère aléatoire du suivi sur le long terme, coût des expérimentations extrêmes, difficulté de définition des grandeurs observées. L'acquisition de ces données est finalement lourde et coûteuse et justifie la mise en place d'une coopération efficace entre les différents partenaires concernés.

- Sept organismes regroupés

Sept organismes ont donc décidé en 1994, sous l'égide du ministère de l'Agriculture et de la Pêche (direction de l'espace rural et de la forêt), de fédérer leurs actions en la matière en créant le groupement d'intérêt scientifique (Gis) "Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers".
Il s'agit de :
- l'Afocel (Association forêt-cellulose)
- le Cpfa (Centre de productivité et d'action forestière d'Aquitaine)
- le Cemagref (Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts)
- l'Engref (École nationale du génie rural, des eaux et des forêts)
- l'Idf (Institut pour le développement forestier)
- l'Inra
- l'Onf (Office national des forêts)

Le Groupement a pour objet le recueil et la mise en commun de données scientifiques sur la croissance des peuplements forestiers, destinées à l'établissement de modèles de croissance et de références techniques.

Ceci nécessite la mise en place, le suivi et la mesure de réseaux multi-locaux et multi-organismes de pla-

cettes permanentes à très long terme selon des protocoles standardisés couvrant au mieux toute la gamme de variabilité des conditions de croissance (milieux et sylviculture).

- Six espèces forestières métropolitaines, traitées en futaie régulière, sont étudiées :

Chêne sessile, Chêne pédonculé, Douglas, Merisier, Pin maritime, Pin laricio.

Chacune est traitée dans le cadre d'un groupe de travail comportant au moins quatre coopérateurs.

Le protocole expérimental d'installation et de mesure propre à chaque espèce respecte un cahier des charges qui établit un certain nombre d'exigences communes sur les dispositifs, la nature des traitements sylvicoles appliqués et les mesures. Il y a en outre une harmonisation très importante entre les protocoles des espèces résineuses, et une harmonisation totale entre ceux des deux chênes. Enfin, une "cellule d'appui technique" assure une coordination permanente entre les groupes opérationnels.

- Une méthodologie rigoureuse est utilisée :

- un **travail en commun** : protocole d'expérimentation unique par essence pour l'installation et la mesure des essais, une base de données centralisée (à l'Inra d'Orléans),
- un **investissement collectif** : le Gis "Coopérative de données" entraîne une économie de moyens et une plus grande efficacité,
- **un engagement sur le long terme** : accumulation de données récoltées pendant toute la vie du peuplement, engagement contractuel des coopérateurs.

- Un réseau de placettes

Pour chaque espèce, le réseau couvre le domaine d'étude par un certain nombre de sites, en le stratifiant par grande région naturelle et par classe de fertilité.

Chaque site comprend lui-même plusieurs placettes, soumises à des modalités différentes :

- un facteur principal et obligatoire : l'évolution de la densité du peuplement au cours de sa vie, dans une gamme très large, qui va de l'absence totale d'intervention à la croissance libre (comme celle d'arbres de plein champ),
- des facteurs secondaires comme le niveau d'amélioration génétique (pin maritime) ou la tactique d'élagage artificiel...

Plus de 800 placettes ont été mises en place, grâce à l'active collaboration de propriétaires publics et privés ❶.

Ce réseau a déjà constitué un support privilégié pour des études sur la stabilité des peuplements face aux ravageurs ou aux vents violents.

Un rôle important pourrait être joué par le Gis dans l'étude des changements de production dus aux changements climatiques.

❶

Espèce	début des installations	nombre de placettes installées fin 2002	nombre d'arbres suivis
Chêne pédonculé	1995	9	6027
Chêne sessile	1995	29	19302
Douglas	1995	137	25900
Merisier	1988	42	7870
Pin laricio	1995	40	8446
Pin maritime	1990	553	74215

Enfin, le Gis devrait dans les prochaines années intégrer la problématique des mélanges d'essence et des peuplements irréguliers.

Contacts : •Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales. Direction générale de la forêt et des affaires rurales, sous-direction de la forêt et du bois
19, avenue du Maine 75732 Paris cedex 15
•Gis Coopérative de Données. Cellule Technique.
Inra - 45160 Ardon

Max Bédéneau,
Coopérative de Données, Orléans

International

Le développement de l'agriculture biologique au Brésil

Le Brésil figure parmi les principaux producteurs mondiaux en agriculture biologique. Un défi majeur du pays est de développer des marchés locaux avec des prix raisonnables afin que des populations disposant de faibles ressources puissent avoir accès à cette production. Des chercheurs de l'Inra d'Avignon et de l'Embrapa (organisme de recherche agronomique brésilien) ont analysé comment de petits producteurs créent des entités collectives et expérimentent de nouvelles pratiques sociales, s'appuyant sur leurs propres besoins et ceux des consommateurs. Dans l'état de São Paulo, ils ont identifié quatre formes sociales d'organisation, leurs dynamiques, leurs valeurs et leurs inter-relations.

Au Brésil, une loi reconnaît depuis peu l'agriculture biologique (loi "agricultura orgânica" de décembre 2003). Elle exprime un projet politique pour la petite agriculture. Elle reconnaît l'existence de différents modèles de production et systèmes de certification. La certification de groupe permet de réduire fortement le coût de la certification pour un petit producteur affilié à une association. Les petits producteurs biologiques sont donc fortement encouragés à s'or-

INRA Partenaire

Marché à Cruzeiro do Sul, Brésil.



Photo : ©IRD - Laure Emperaire

ganiser mais quelles sont les formes d'organisation émergentes ?

Des chercheurs de l'Inra et de l'Embrapa ont étudié ces formes d'organisation de l'agriculture biologique sur la commune d'Ibiúna, dans l'état de São Paulo, en raison de sa forte concentration de maraîchers biologiques et des enjeux environnementaux présents dans ce territoire.

Les maraîchers ont commencé à se convertir à l'agriculture biologique sous l'impulsion de deux projets, portés d'une part par l'Église catholique, et d'autre part par des agronomes engagés dans un mouvement social brésilien. Cette référence historique permet de comprendre la cœxistence des quatre formes d'organisation observées, et qui révèlent différentes conceptions du marché et de l'agriculture biologique.

- Appri, une association de petits producteurs non certifiée

L'association des petits producteurs d'Ibiúna (Appri) est liée à la fondation Campo-Cidade et à des initiatives de l'Église catholique. Leur projet consiste à créer des solidarités entre des communautés rurales et des citadins, et obtenir des légumes à prix justes pour les producteurs et les consommateurs, tout en préservant la santé humaine par des aliments sains et en protégeant l'environnement. Appri compte plus de 50 maraîchers, dont seuls deux d'entre eux sont certifiés en agriculture biologique. L'association fournit plus de 800 familles aux conditions socio-économiques précaires, organisées en groupes d'achat. Ces groupes rendent visite aux producteurs, et ces échanges renforcent les valeurs de solidarité et de partenariat entre individus d'horizons différents.

- Horta e Arte, une entreprise au pouvoir structurant

Au début des années 90, des membres du mouvement social environnemental ont créé la coopérative Coopernatura, projet qui a échoué en 1994. Seuls deux producteurs ont continué et ont ainsi créé l'entreprise Horta e Arte qu'ils dirigent encore. Le contrat qui lie les producteurs à l'entreprise est exclusif, défini sur la base d'une planification des plantations élaborée par une équipe de 8 techniciens. Les intrants, l'assistance technique et la certification (de groupe) sont assumés par les producteurs. Le paiement aux producteurs n'est réalisé que s'il y a vente effective. Une logique commerciale prédomine, avec une organisation de la production très planifiée. Mais les coûts logistiques sont élevés pour l'entreprise, et la capacité de négociation avec des hypermarchés diminue avec l'arrivée de concurrents. Ce système, peu favorable aux producteurs, laisse émerger d'autres formes d'organisation...

- Appoi, une association de producteurs biologiques indépendants

Appoi est une association de 15 petits maraîchers biologiques. En l'absence de contrat d'exclusivité, la moitié d'entre eux livre l'association de façon occasionnelle. Les principes de fonctionnement sont la participation, l'échange d'expériences et d'informations sur les problèmes quotidiens, la flexibilité et l'adaptation, la définition de prix justes pour le producteur et le consommateur. Tous les producteurs sont certifiés individuellement et la nouvelle station de conditionnement d'Ibiúna est certifiée par Ecocert. Un enjeu pour cette association consiste à ne pas sacrifier la justice sociale à la logique commerciale.

- Approv, une association intégrée dans une coopérative régionale

Cette dernière organisation (Approv) est née d'une rupture avec les principes et pratiques de Horta e Arte. Elle associe 12 producteurs biologiques, inquiets de l'écart des prix payés aux producteurs avec ceux affichés par les supermarchés. Leur association a été intégrée fin 2003 dans une coopérative régionale, Caisp. Les maraîchers bénéficient de la structure fonctionnelle de la coopérative (intrants, facturation, transport). La certification est identique à celle d'Appoi, et Caisp ne demande pas d'exclusivité aux producteurs, qui peuvent également faire de la vente directe dans des marchés forains.
Ces initiatives contribuent à un meilleur positionnement économique des agriculteurs, par une requalification de la production et l'ajout de valeurs à ce territoire d'Ibiúna. Des initiatives comparables dans d'autres États du Brésil légitiment la construction d'un réseau élargi d'expériences en agro-écologie.

Ibiúna est une commune aux multiples statuts. Nouvelle ceinture verte localisée à 70 km de São Paulo, elle est une station touristique sur les franges de la montagne Paranapiacaba et constitue également le bassin hydrographique alimentant Ibiúna et Sorocaba en eau potable. Plus de 40% de la surface totale sont dans une réserve de biosphère, constituée de forêt atlantique. L'agriculture est encore une base économique. Le maraîchage est l'activité dominante en raison de petites structures (plus de 50% des exploitations ont moins de 10 hectares), du climat humide et tempéré lié à l'altitude (entre 840 et 1214 mètres), des ressources hydriques permettant d'irriguer les cultures, et de l'importance de la population rurale (près de 70% de la population totale).
(D'après *Presse Info* du 8 septembre 2005).

Stéphane Bellon,
Écodéveloppement, Avignon.
Lucimar Santiago de Abreu,
Embrapa Environnement, Jaguariúna

Partenariat industriel

Cinq jeunes créateurs d'entreprises lauréats

Cinq jeunes entreprises innovantes, soutenues par Inra Transfert, viennent d'être lauréates du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes en catégorie "Emergence". Il s'agit de Biotisa (Produits microbiens et services innovants pour l'agriculture et l'environnement), CertiVin (Identification des cépages dans les vins commerciaux), Naskeo Environnement (Épuration des effluents fortement chargés par méthanisation et valorisation du biogaz (voir article suivant)), NewCo (Développement d'un vaccin vétérinaire contre la toxoplasmose) et Pat Co (Production de métabolites secondaires végétaux à partir de plantes en culture hors-sol (voir article suivant)).
(D'après *Inra en bref* n°185, 19 juillet 2005).
Voir également *Inra mensuel* n°119, mars 2004.
Contact : Nathalie Turc, turc@paris.inra.fr

Création de la société Naskeo Environnement

Naskeo Environnement, Société par Actions Simplifiée, officiellement créée le 4 mai 2005, est une entreprise spécialisée dans la production d'énergies renouvelables à partir des rejets issus des industries agro-alimentaires, pharmaceutiques et chimiques. Elle est constituée d'une équipe de 4 personnes, diplômées de l'École Centrale Paris, de l'Agro Paris et de Sup de Co Rouen.

Selon le président de Naskeo Environnement[1], Aurélien Lugardon, les stations écologiques Naskeo apportent aux industriels la possibilité de dépolluer leurs effluents et de respecter les normes de rejet de pollution organique dans l'eau. Elles leur permettent également de réduire leurs coûts énergétiques et d'augmenter la part d'énergie renouvelable dans leur consommation. Naskeo utilise une technologie innovante issue du laboratoire de Biotechnologie de l'environnement de l'Inra (Lbe) de Narbonne[2]. Cette technologie est particulièrement adaptée, sur le plan économique et technologique, aux petites sources de pollution organique qui n'avaient jusqu'alors pas accès à ce mode de valorisation.

Ces stations de dépollution utilisent un procédé naturel : la digestion anaérobie (ou méthanisation). C'est un processus de transformation de la matière organique en gaz sous l'action d'une communauté de bactéries vivant en l'absence d'oxygène. Ce gaz, composé de gaz naturel (méthane) et de gaz carbonique, est communément appelé "biogaz". Il constitue une source d'énergie renouvelable à fort potentiel. Le biogaz produit par la réaction, qui s'effectue au sein d'une enceinte close appelée bioréacteur, peut être utilisé par l'industriel sous forme d'eau chaude et/ou d'électricité.

Les porteurs du projet Naskeo Environnement ont approché les chercheurs du Lbe de l'Inra afin de pouvoir bénéficier du savoir-faire Inra pour la technologie "Lit fixe à décolmatage". Une demande de brevet français Proveo© a été déposée le 27 avril 2005[3], d'éventuelles extensions à l'étranger sont envisagées. Proveo© combine les points forts de deux technologies bien distinctes : les "lits fixes" et les "lits mobiles". Dans un "lit fixe", les bactéries se développent sur une

[1] Hébergée administrativement au sein du laboratoire du Génie des Procédés à l'École Centrale Paris et soutenue par l'incubateur Agoranov.
Hébergée pour le volet dépollution et développement technologique au sein du laboratoire de Biotechnologie de l'environnement.
Contact : Aurélien Lugardon
Naskeo Environnement,
4 rue Antonin Raynaud
92300 Levallois-Perret.
Tél. 01 41 13 12 30
info@naskeo.com
http://www.naskeo.com

[2] Voir *Inra mensuel* n°95 - janvier-février 1998.

[3] Sous le n° 0551092 et intitulée : "Procédé d'épuration d'effluent en réacteur anaérobie et utilisation d'un réacteur biologique pour le traitement d'effluent".



Pilote Naskeo Environnement sur le site NPPharm, groupe Ethypharm, dans les Yvelines.
Photo : Naskeo Environnement, Damien Delhomme

INRA Partenaire

structure immobile, alors que dans un "lit mobile", elles s'accrochent à des petits supports mis en mouvement en permanence. En mai 2005, Naskeo Environnement a signé un premier contrat avec NP Pharm Sas, industriel du secteur pharmaceutique, pour la fourniture d'une installation de traitement d'eau Proveo©.

L'Inra a appuyé la création de cette société par la signature d'une convention d'hébergement et d'accueil au sein du Lbe. Naskeo Environnement dispose ainsi d'un environnement scientifique et matériel favorable à son développement.

En septembre 2004, cette société a été primée par l'Anvar dans le cadre de son programme de Recherche et Développement. En décembre 2004, l'équipe de Naskeo Environnement a vu son projet Envalia, projet de stations écologiques de dépollution des effluents et de production de biogaz, récompensé par le Grand Prix de l'Innovation de la Ville de Paris. Naskeo figure parmi les 30 lauréats de la 7ème édition du premier événement du capital risque en France, organisé conjointement par l'Essec et le Sénat. Enfin, elle est lauréate du concours d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes 2005, du ministère délégué à l'Enseignement Supérieur et à la Recherche, catégorie Emergence.

Désireuse de développer l'innovation dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, l'équipe Naskeo Environnement souhaite continuer à travailler en partenariat avec des centres de recherche, afin de confirmer son avantage concurrentiel. Dès à présent, l'équipe Naskeo Environnement est prête à étudier toute opportunité lui permettant de développer son savoir-faire.

De plus, afin d'industrialiser à grande échelle la technologie Proveo©, Naskeo Environnement est actuellement à la recherche d'un partenaire industriel capable de l'accompagner dans la conception et la construction de ses stations de dépollution et de production d'énergies renouvelables.

Isabelle Berger,
Biotechnologie de l'environnement, Narbonne

Des plantes à traire...

De nombreuses molécules d'origine végétale sont utilisées dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique. Mais les principes actifs, comme les substances anticancéreuses, sont parfois difficiles à synthétiser chimiquement, et leur production naturelle reste faible. À Nancy, des chercheurs de l'unité mixte de recherche "Agronomie et environnement" Inpl (Ensaia)-Inra ont mis au point une technologie innovante, simple et économique, permettant de cultiver des plantes en serre sur milieu liquide et de faire excréter les molécules d'intérêt par les racines. Les traitements étant non destructifs, les plantes restent disponibles pour des "traites" successives. Après huit années de recherche, cette technologie brevetée par l'Inra et l'Inpl au niveau mondial a conduit à la création d'une entreprise, Plant Advanced Technologies Sas[1]. Un exemple réussi de transfert technologique[2].

Les trois photos de cet article présentent le système pilote **"plantes à traire"** dans les serres de l'Ensaia (septembre 2005, copyright Patsas-Lae-Ensaia-Inpl-Inra 2005). La société Plant Advanced Technologies Sas exploite le brevet Inra-Inpl de cette technologie.





Photos : ©Inra-Ensaia-Inpl-Patsas

- Un procédé simple et innovant

La technologie mise au point par les chercheurs de Nancy consiste à cultiver des végétaux en milieu liquide et à faire excréter par les racines certaines molécules bio-actives dans le milieu nutritif grâce à divers traitements physiques, chimiques ou biologiques. Cette méthode de récolte, PAT (Plantes à traire) est non destructrice pour la plante et permet de répéter des cycles de production dans le temps, par des "traites" successives. Les molécules à haute valeur ajoutée sont

1 Jean-Paul Fèvre, Plant Advanced Technologies Sas.

2 Pascale Charbonnel, Inra Transfert - Aurélia Dubs, Inpl Valorisation.

récupérées à partir du milieu nutritif en appliquant des méthodes conventionnelles de piégeage, séparation et purification. Le niveau de purification des molécules peut être adapté en fonction des besoins de commercialisation (concentrat, extrait brut, molécules purifiées).

Cette technologie constitue un procédé de production de premier choix pour des substances d'origine végétale qui sont difficiles à synthétiser chimiquement, et issues de plantes sauvages, provenant de milieux exotiques et qui ne se prêtent pas à la culture en plein champ. Ce nouveau procédé, en préservant la ressource végétale et en améliorant les rendements, permettra d'utiliser des plantes rares ou protégées dans le cadre des accords de protection de la biodiversité (Convention de Rio, 1992).

- Les substances produites

Le procédé Plantes à traire a été mis en place et validé avec *Datura innoxia*, une plante tropicale qui produit des alcaloïdes tropaniques d'intérêt pharmaceutique (hyoscyamine et scopolamine, neurosédatifs). Un tel système permet également de produire du taxol, substance anticancéreuse, à partir de cultures d'if (*Taxus baccata*, arbre de la zone tempérée). Un gramme est environ la quantité nécessaire au traitement d'un malade pendant un an et nécessite actuellement l'abattage de 3 ifs de 150 ans. Il permet encore la production de furocoumarines, utilisées dans le traitement du psoriasis et de certains cancers, à partir de rue (*Ruta graveolens*, plante méditerranéenne). Il est aussi applicable pour la production de shikonine (colorant cosmétique) issue de *Lithospermum erythrorhizon* (plante chinoise), et pour la production de flavonoïdes.

- Une alternative à la culture *in vitro*

Le procédé mis au point est un système intermédiaire entre la culture *in vitro* en bioréacteur et le champ. Dans les conditions de culture *in vitro* en bioréacteur, la croissance des cellules ou des organes végétaux est lente, la production des molécules faible, et la nécessité de maintenir les cultures en conditions stériles génère des contraintes de manipulations et des coûts importants. De plus, pour extraire les molécules d'intérêt, il faut détruire la biomasse végétale.

Par opposition, le procédé Pat est simple et sa mise en œuvre ne se fait pas en conditions stériles : il présente ainsi des avantages importants en terme de productivité et de prix de revient. Il est également une alternative à la production par extraction de la biomasse végétale en plein air.

Grâce à l'exploitation du brevet Inra-Inpl, la société "Plant Advanced Technologies Sas" a été créée le 1er juillet 2005 à Nancy. Son objectif est de développer rapidement des productions de molécules à usage pharmaceutique et cosmétique à partir de la technologie en question.

(D'après *Presse Info* de septembre 2005).

La technologie des Plantes à traire a été récompensée par quatre prix cette année :
- lauréat du concours d'entreprise du ministère de la Recherche (catégorie création),
- lauréat du concours Plug and Start (région Champagne),
- lauréat du concours Tremplin-Entreprises 2005 du Sénat,
- lauréat du concours Entreprendre en Lorraine.

(D'après *Presse Info* du 8 septembre 2005).

Frédéric Bourgaud, Éric Gontier,
Umr Agronomie et environnement
Inpl (Ensaia)-Inra-Inra, Nancy



Photo : ©Inra-Ensaia-Inpl-Patsas

Afssa

Pascale Briand a été nommée directrice générale de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments.
Elle remplace **Martin Hirsch** qui avait annoncé officiellement son souhait de quitter l'agence.

Paul Vialle est renouvelé en tant que président du Conseil d'administration de l'Afssa.

Institut Pasteur

Alice Dautry est nommée directrice générale en remplacement de **Philippe Kourilsky** le 1er octobre 2005.

INRA Partenaire

"En direct des labos"
une lettre électronique pour les entreprises

L'Inra lance une lettre électronique à destination des acteurs économiques concernés par l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. Baptisée tout simplement "En direct des labos" cette lettre mensuelle a pour objectifs :
• de faire connaître la diversité des résultats de recherche obtenus par nos chercheurs et susceptibles d'intéresser les entreprises, notamment les Pme
• d'inciter ces dernières à collaborer avec l'Inra en leur montrant des exemples de partenariat.

Elle s'articule autour de cinq rubriques :
• **"laboratoires"** qui constitue le cœur de la lettre, présente différents résultats de recherche avec les coordonnées des chercheurs pour permettre aux entreprises d'aller plus loin.
• **"actualités"** affiche une sélection de manifestations auxquelles participent les chercheurs, mais présente aussi les ouvrages et les projets européens à forte participation Inra ainsi que les créations d'entreprises issues de technologies développées par l'institut.
• **"témoignages"** illustre de façon très concrète les différents partenariats, vus du côté de l'entreprise ou du côté du chercheur.
• **"nouvelles variétés"** met l'accent sur l'activité de sélection végétale de l'Inra en présentant chaque mois une à deux variétés nouvelles.
• **"offres"** propose des opportunités de coopération avec l'Inra.

Cette lettre traduit la volonté de l'Institut de renforcer ses échanges avec les entreprises et de contribuer au développement économique. Elle est produite par la Délégation au Partenariat avec les Entreprises (Dpe/Disi) avec le soutien d'un comité éditorial composé d'adjoints chargés du partenariat, de la Micom, des filiales Inra Transfert et Agri Obtentions, de l'Ucpi, de la Darese et des Sdar.

Anne Perraut,
Dpe/Disi, Quimper

Pour consulter la lettre :
http://w3.inra.fr/en_direct_des_labos
Une version anglaise sera prochainement disponible pour toucher les entreprises européennes.
Vous pouvez soumettre vos propositions de sujets à diffuser à :
Anne.Perraut@rennes.inra.fr. Tél. 02 98 95 60 28.

Partenariat régional

L'Inra dans les pôles de compétitivité

Le 12 juillet 2005, le comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire (CIADT), présidé par le Premier Ministre, a décidé de labelliser 67 pôles de compétitivité dont 6 sont considérés comme ayant déjà acquis une reconnaissance de niveau mondial, neuf autres ayant vocation à atteindre cet objectif dans un proche avenir. Cette décision constitue "une étape importante dans la politique du gouvernement en matière de soutien à l'innovation dans le but fondamental d'accroître la compétitivité de l'économie française face aux défis de la concurrence internationale".

Un **pôle de compétitivité se définit** comme la combinaison, sur un territoire donné, d'entreprises, de centres de formation et d'unités de recherche publiques ou privées, engagés dans une démarche partenariale destinée à créer des synergies autour de projets communs à caractère innovant et disposant de la masse critique nécessaire pour atteindre une visibilité internationale.

On distingue deux types de pôles de compétitivité : les pôles à dominante technologique et les pôles à dominante industrielle.
Un **pôle à dominante technologique** est caractérisé par l'importance des activités de recherche et la force des interactions entre centres de recherches et entreprises travaillant sur un domaine technologique innovant. La recherche et ses applications industrielles de pointe déterminent la logique de développement du pôle.
Un **pôle à dominante industrielle** est caractérisé par une concentration d'entreprises ayant des activités de recherche-développement plus appliquées et plus proches du marché immédiat. C'est ce dernier, notamment par son potentiel de croissance, qui détermine la logique de développement du pôle.

L'identification des pôles de compétitivité permet de concentrer les moyens de l'État et des acteurs du pôle sur les projets coopératifs les plus porteurs pour la croissance et pour l'emploi dans un contexte de concurrence internationale renforcée où la compétitivité de

l'économie française repose fondamentalement sur l'innovation.

En mars 2005, au lendemain du dépôt des candidatures, il apparaissait déjà qu'un grand nombre de chercheurs, de directeurs d'unité et de présidents de centre avaient très activement contribué à l'élaboration de nombreux projets en rapport avec les recherches finalisées conduites par l'Inra dans ses trois grands domaines de compétence : agriculture, alimentation et environnement. Ainsi, la première analyse indiquait que sur les 105 projets déposés, 14 d'entre eux ayant fait l'objet d'une contribution significative de l'Inra se trouvaient en bonne ou très bonne adéquation avec les thématiques prioritaires affichées dans les schémas de centre validés par le collège de direction en octobre 2004.

Ces 14 projets ont tous obtenu la labellisation du CIADT du 12 juillet 2005, dont 2 dans le groupe des pôles à vocation mondiale. Ils sont, à des degrés divers, en convergence avec les orientations proposées dans les différents axes stratégiques du document d'orientation 2006-2009. (Voir tableau ❶).

L'examen des dossiers de candidatures permet d'identifier plus de soixante unités qui ont vocation à participer à la dynamique de recherche des pôles, soit environ un quart du total des unités de recherche de l'Inra. Toutefois ce chiffre reste sous-évalué car, à ce stade, ne sont généralement prises en compte que les unités présentes dans le périmètre géographique du pôle. De fait, au-delà de ce premier cercle, c'est une proportion plus importante du dispositif de l'Inra qui sera mobilisable par les pôles de compétitivité interagissant dans ses champs de compétence, les centres ayant vocation à assurer un rôle de "portail" permettant une ouverture à des équipes extérieures au centre et au périmètre du pôle.

Outre les 14 pôles déjà cités, certains autres peuvent également concerner l'Inra, mais plus marginalement, soit qu'ils se trouvent à la frontière des champs de compétence de l'Inra, soit que l'Inra ne dispose pas d'équipes locales concernées par ces pôles ; ce qui n'exclut pas des possibilités de collaborations scientifiques avec des équipes extérieures au périmètre du pôle. À titre indicatif, nous pouvons actuellement mentionner cinq pôles, dont deux pôles mondiaux, qui répondent à l'une ou l'autre de ces situations :
- Lyonbiopôle (pôle mondial) - région Rhône-Alpes,
- MédiTech Santé (pôle mondial) - région Ile-de-France,
- Nutrition Santé Longévité - région Nord-Pas de Calais,
- Filière équine - région Basse-Normandie,
- Agronutrition en milieu tropical - La Réunion.

Cet aperçu montre que, dans un contexte où le monde agricole et le secteur des industries agro-alimentaires se sont très fortement mobilisés pour répondre à l'appel à projets lancé par le gouvernement, l'Inra occupe souvent une place importante dans les dispositifs de recherche mobilisables par les pôles labellisés dans ces deux secteurs d'activités. Ce constat semble attester de la pertinence des objectifs finalisés de l'Institut, ainsi que de la qualité de ses équipes.

Pierre Darde,
Darese, Paris • 21.9.2005 ■

❶ Les centres directement impliqués dans ces projets sont les suivants :

Angers	• Végétal spécialisé **(pôle à vocation mondiale)**	région Pays de la Loire
Avignon	• Pôle d'innovation européen fruits et légumes	pôle interrégional Provence-Alpes-Côte d'Azur / Languedoc-Roussillon / Rhône-Alpes
	• Gestion des risques naturels et vulnérabilité des territoires	pôle interrégional Provence-Alpes-Côte d'Azur / Languedoc-Roussillon
Bordeaux	• Produits et procédés innovants pour la santé (Prod'Innov)	région Aquitaine
	• Industries et Pin maritime du futur	région Aquitaine
Clermont	• Viandes et produits carnés	pôle interrégional Auvergne / Bretagne / Ile-de-France / Languedoc-Roussillon / Limousin / Midi-Pyrénées / Rhône-Alpes
	• Innovation dans les céréales	région Auvergne
Dijon	• Pôle d'innovation goût nutrition santé (VITAGORA)	région Bourgogne
Lille	• Industries et agro-ressources **(pôle à vocation mondiale)**	pôle interrégional Champagne-Ardenne /Picardie
	• Matériaux à usage domestique (MàUD)	région Nord-Pas de Calais
Montpellier	• Systèmes agro-alimentaires durables et qualité de vie en Méditerranée (Q@LI-MED[iterranée])	région Languedoc-Roussillon
Nancy	• Fibres naturelles Grand Est	pôle interrégional Lorraine /Alsace
Rennes	• Aliment de demain (VALORIAL)	région Bretagne
Toulouse	• Cancer-Bio-Santé	pôle interrégional Midi-Pyrénées / Limousin

Résonances

La femme en agriculture — *Louis Moll*, 1872

Ce texte reprend des extraits d'une conférence de Louis Moll[1] du 8 mars 1872 publiée par le *Journal d'agriculture*. Il montre que les préoccupations de sociologie animaient déjà l'enseignement de l'agriculture au niveau le plus élevé. Rappelons que par décret du 18 novembre 1918, les jeunes filles furent admises à se présenter au concours d'entrée de l'Ina et que quelques années plus tard, la princesse d'Annam était la première femme major d'une école d'ingénieurs.

Jean Boulaine et Huguette Durand.

Cours complet d'agriculture, rédigé par l'Abbé Rozier, tome troisième, 1783, Paris, rue et hôtel Serpente.

"En France, c'est un fait connu, l'influence de la femme, à tous les degrés de l'échelle sociale, est plus grande que nulle part ailleurs. Un autre fait est également constant, c'est que cette influence est plus décisive en agriculture que dans une autre carrière, par suite du caractère même de cette profession. Dans la plupart des autres situations, en effet, la femme se borne *à conserver*, ici, elle contribue *à produire*.

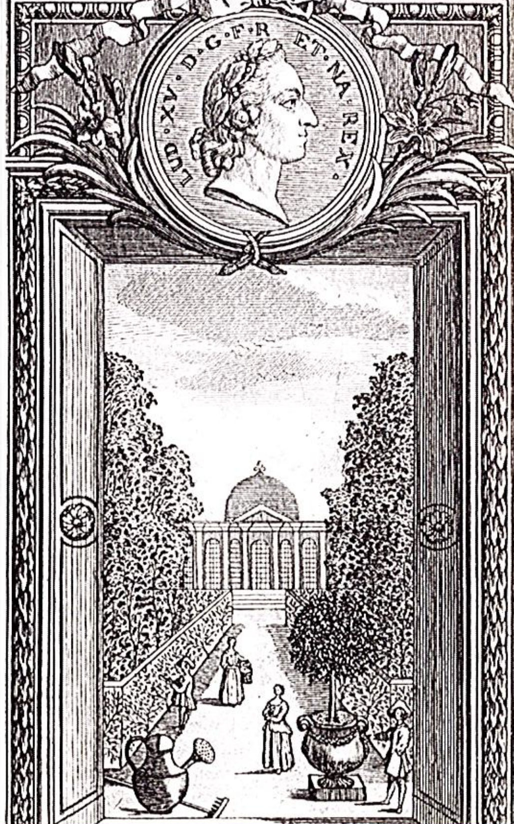
Non seulement le ménage y est plus important qu'à la ville, parce que le personnel à gages est toujours ou presque nourri à la ferme mais il y a certaines branches, telles que le potager, la basse-cour, la laiterie, qui ne peuvent être exploitées que par la femme, et dont les résultats, bons ou mauvais, dépendent entièrement d'elle. Aussi, est-ce avec un vif regret que de constater qu'en France, la femme s'est presque toujours montrée plutôt hostile que favorable, plutôt nuisible qu'utile à l'agriculture.

Femme d'un grand propriétaire, il est rare qu'elle n'entrave pas le désir de son mari de faire valoir, et, s'il cultive, qu'elle ne le tourmente pas pour cesser. Fille de riche fermier, toutes ses aspirations sont pour la ville ; épouser un notaire, un avoué, un médecin, un marchand, lui paraît mille fois préférable que prendre un agriculteur, fût-il des plus distingués. Plus d'un jeune cultivateur s'est vu forcé de changer de carrière par suite de l'impossibilité de trouver à se marier convenablement. Mère de famille, elle est la première à détourner ses enfants de la profession de leur père.

Dans les rangs inférieurs, c'est elle qui engage son mari à ouvrir un petit commerce, un cabaret, qui l'excite à acheter des terres plutôt que d'employer ses ressources à améliorer celles qu'il possède déjà. Enfin partout, en haut comme en bas, on la voit l'ennemie des innovations...

Sans doute la Française a le sentiment de la sociabilité plus développé que l'Anglaise et l'Allemande ; la solitude lui pèse davantage ; les plaisirs bruyants du monde ont pour elle plus d'attraits et cela seul suffirait pour expliquer sa répulsion pour la vie des champs.

Mais il y a d'autres causes encore, et celles-là dépendent de nous. Citons en première ligne, comme intéressant, non seulement la grande, mais encore la petite culture, la disposition générale de nos fermes. Tandis que la grande ferme allemande est une manière de château ; que la ferme anglaise est un ravissant cottage tout entouré de verts gazons, de boulingrins et de fleurs, la ferme française, petite ou grande, est une sale usine, une espèce de bouge planté au milieu des fumiers, à proximité des logements des animaux, où rien n'a été prévu, non seulement pour l'agrément et le confort, mais même pour la salubrité des habitants. Or, c'est un fait constant que même dans les classes inférieures, la femme a, plus que l'homme, le sentiment du beau, le sentiment artistique. "J'aimerais l'agriculture, disait Mme de Staël, si elle ne sentait pas le fumier". Cette pensée existe dans toutes les têtes féminines, en haut comme en bas de l'échelle sociale.



La pratique du jardinage, première partie, par l'Abbé Roger Schabol, 1770, Paris, chez Debure Père, librairie.

[1] Louis Moll (1809-1880)
Alsacien, élève puis collaborateur de Matthieu de Dombasle, il fut nommé en 1838, professeur d'agriculture au Conservatoire national des Arts et Métiers.
Avec Boussingault, il était le praticien du tandem et dirigea au cours de sa longue carrière plusieurs domaines agricoles.
En 1876, Eugène Tisserand le fit nommer professeur d'agriculture de l'Institut national agronomique, dont il créa la chaire d'agriculture.

Nous avons, en France, dans le pays de Caux, de charmants modèles en fait d'habitations rurales, grandes et petites. Aussi, dans cet heureux et riche pays, les jeunes filles ne craignent nullement de s'enfouir dans une ferme. De Gasparin faisait déjà remarquer qu'un propriétaire avait tout intérêt à rendre confortables les demeures de ses fermiers et métayers, parce qu'il était sûr ainsi de mettre l'influence de la femme de son côté.

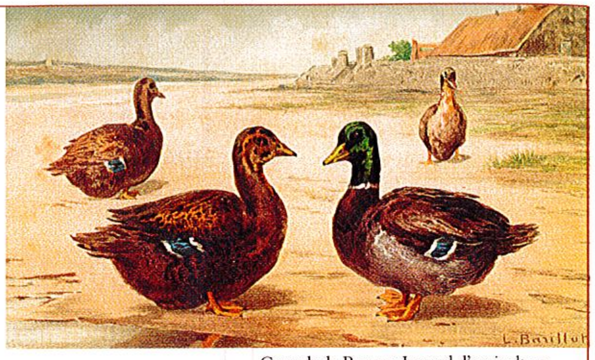
Dans les classes inférieures, la nature et souvent l'excès du travail auquel les femmes sont obligées de s'astreindre, les dégoûtent de la culture. De là leur empressement à venir servir à la ville, ou à prendre un travail industriel (confection de gants, de dentelles...) ou si elles sont mariées, à monter un petit commerce, un cabaret, un café.

Mais la principale cause, c'est l'absence de toute instruction spéciale provenant de l'absence d'enseignement professionnel, cause qui, dans les classes aisées, se complique encore de cette éducation anti-agricole que les jeunes filles reçoivent dans les pensionnats des grandes villes... On a beaucoup fait et on fait chaque jour davantage pour l'éducation agricole des jeunes gens. On n'a rien fait pour celle des filles. C'était s'arrêter à moitié chemin.
Ce qui précède démontre assez que l'agriculteur, dans le choix d'un système de culture, devra prendre en très grande considération les talents, les connaissances et surtout le caractère et les goûts de sa compagne. S'il est assez heureux pour posséder une femme active et intelligente, économe, connaissant bien les branches qui la concernent (volaille et laiterie), il pourra, dans quelque position qu'il soit, développer l'une ou l'autre de ces branches avec toutes chances de succès ; s'il est, au contraire, privé de cet avantage, il devra renoncer à toute spéculation exigeant le concours de sa femme, lors même que les circonstances locales leur seraient favorables.

... Je connais, dans un rayon de 50 lieues autour de Paris, des fermes importantes où la basse-cour paie le loyer, et d'autres à côté où elle fournit à peine la consommation de la maison. On sait que la qualité hors ligne des beurres d'Isigny, de la Prévalais et de Bray, des fromages de Camembert, de Brie, du Mont-d'Or, de Sassenage... tient non seulement à la nature des herbages, mais encore et surtout aux soins intelligents et à l'habileté des fermières...

Pourrait-on appliquer à des jeunes filles le système d'enseignement professionnel adopté pour les jeunes gens, créer pour elles des établissements analogues aux fermes écoles et aux instituts agronomiques ? ...

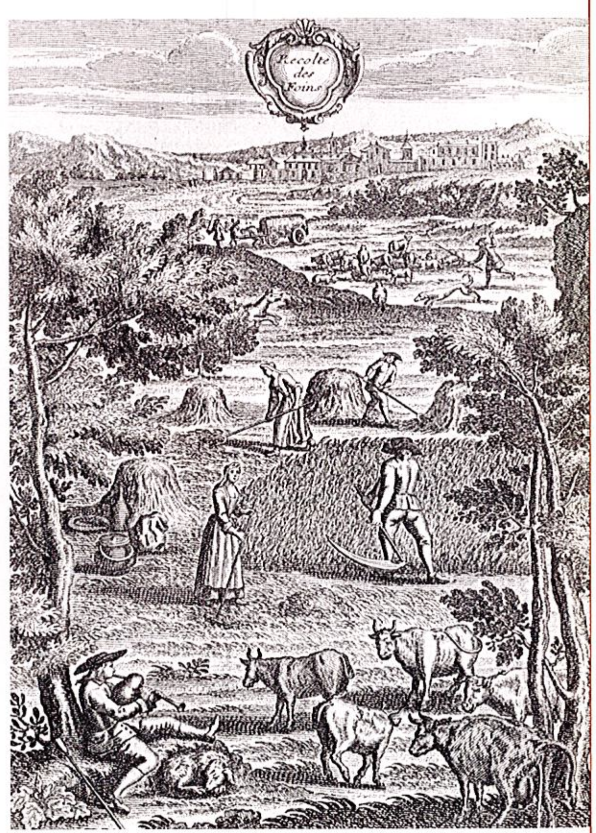
Mais voici je crois, ce qui, dès à présent, pourrait se faire. Beaucoup d''institutions de jeunes filles sont fixées à la campagne, tant dans l'intérêt de la santé des pensionnaires que dans un intérêt d'économie. Pourquoi dans ceux de ces établissements qui seraient en mesure de le faire, ne joindrait-on pas au jardin qui sert à la promenade et aux récréations un potager et un verger plus ou moins vastes, qui, non seulement fourniraient légumes et fruits à l'établissement mais serviraient encore aux élèves d'écoles pratiques pour la culture maraîchère et fruitière ? Pourquoi même n'irait-on pas plus loin et n'aurait-on pas deux, trois ou quatre vaches dont le lait, non consommé en nature, serait transformé en beurre et en fromages. Cette organisation supposerait déjà la possession de quelques hectares de terres et de prés, en un mot, une petite ferme.



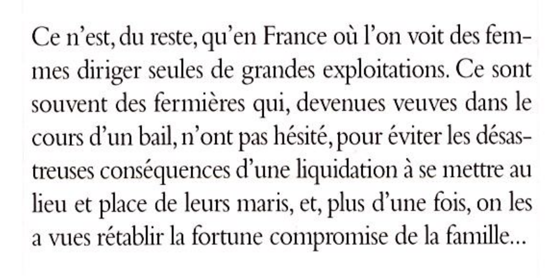
Canards de Rouen. Journal d'agriculture pratique, L. Grandeau, tome II, 1899, Paris, librairie agricole de la Maison rustique.

Je connais un établissement de ce genre qui produit tout le blé, le lait, le beurre, le fromage qui s'y consomment, et qui vend, chaque année, pour une somme assez ronde de fruits et de soie. Eh bien ! les jeunes filles y apprennent la littérature, l'histoire, la géographie, la musique et le dessin, la broderie... mais aucune n'apprend comment on sème les légumes du potager, comment on plante, taille et greffe un poirier, comment on fait une omelette, comment on confectionne le beurre et le fromage, comment on produit la soie.

Il s'agit d'instruire aussi et surtout les parents... La question intéresse notre pays plus qu'aucun autre, non seulement parce que la femme exerce, en France, ainsi que je l'ai dit une influence plus grande qu'ailleurs, mais encore parce que quand elle consent à s'occuper d'agriculture, y réussit en général parfaitement. Seule, parmi les femmes d'Europe, elle semble posséder cette énergie, cette décision de caractère, cette activité d'esprit et de corps, qui sont si utiles pour la direction d'un faire-valoir ; et, comme à ses qualités elle joint la promptitude, la justesse d'appréciation et cette finesse de tact qui est le propre de la femme, on comprend que, dans bien des circonstances, elle soit supérieure à l'homme et obtienne des résultats auxquels nous ne pouvons pas toujours atteindre.



La nouvelle maison rustique ou économie générale de tous les biens de campagne, quatrième édition, tome premier, 1736, Paris, chez la veuve Prudhomme, au Palais.



Ce n'est, du reste, qu'en France où l'on voit des femmes diriger seules de grandes exploitations. Ce sont souvent des fermières qui, devenues veuves dans le cours d'un bail, n'ont pas hésité, pour éviter les désastreuses conséquences d'une liquidation à se mettre au lieu et place de leurs maris, et, plus d'une fois, on les a vues rétablir la fortune compromise de la famille...

Louis Moll,
Membre de la Société centrale d'agriculture de France ■

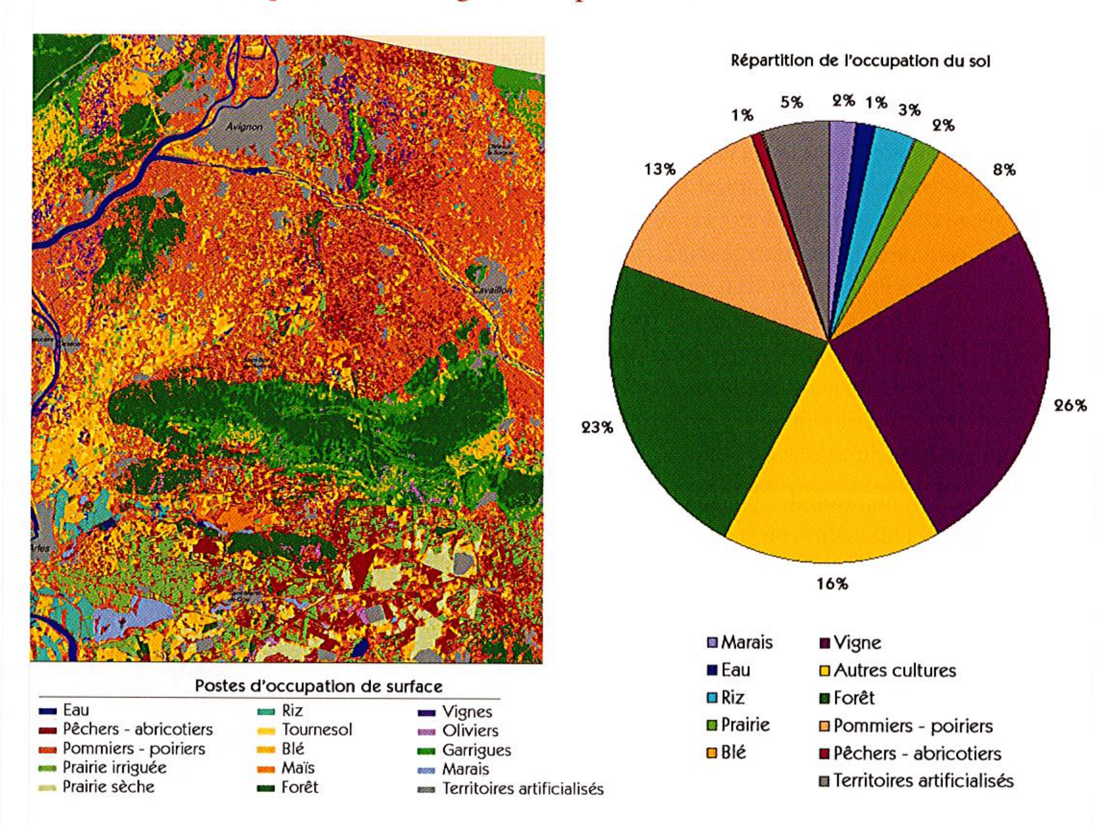
Le Point

L'action transversale "Production Fruitière Intégrée"

Une expérience de recherche pluridisciplinaire à l'échelle d'une filière

Le secteur des fruits a été réformé dans le cadre de l'Organisation Commune des Marchés (OCM) afin d'améliorer la qualité des produits et des façons de produire, et de ne plus encourager la production de fruits en excès. Ce fut l'objet de l'action transversale de recherche "Production Fruitière Intégrée" (PFI) que d'accompagner cette évolution. Ce programme a été conçu comme une "expérience" de recherches pluridisciplinaires à l'échelle d'une filière de production. L'une de ses problématiques était d'en tester la faisabilité, et l'intérêt, à la fois en terme d'acquisition de connaissances aux différents niveaux d'organisation qui structurent une filière, et en terme de construction de partenariat. Les objectifs ont été d'assurer l'interface entre :

- agronomes de la production fruitière et spécialistes de la protection des plantes
- disciplines économiques et sociales et disciplines biotechniques
- la recherche, l'interprofession et l'organisation professionnelle.



Cartographie de l'occupation des sols au sud d'Avignon à partir d'images satellitaires SPOT (40x40km, 43% en vergers).
Source : D. Courault, Inra Avignon

Ici, nous avons souhaité faire partager les enseignements de ce travail pluridisciplinaire, ses réussites comme ses difficultés. Le programme PFI a représenté un point de convergence des travaux Inra sur la filière arboriculture, et amélioré ainsi leur "visibilité" à l'extérieur des communautés scientifiques.

Parmi les réussites déjà transférées à la profession arboricole, en collaboration avec le Ctifl, on peut citer la base de données nationale EFI sur les performances agronomiques et techniques des vergers de pêchers ou l'adaptation à l'arboriculture de la méthodologie Indigo®. Cette synthèse veut montrer que si cette étude a suscité débats et controverses, elle n'en a pas moins été un lieu de discussions pluridisciplinaires, ouvert sur les questions qui traversent la société, et a fourni un espace original d'animation et de production scientifiques qui déclinent la palette complète du métier de chercheur. Le projet a actuellement de nombreuses suites en France et en Europe, formelles ou informelles.

Une évolution imposée par le contexte réglementaire et la concurrence

En juillet 1996, le Conseil des Ministres de l'Union européenne décidait de réformer le secteur des fruits et légumes dans le cadre de la nouvelle Organisation Commune des Marchés (OCM) [1].
L'objectif clairement affiché de cette réforme est d'améliorer la qualité de la production en s'appuyant sur des règles concernant notamment les techniques de production, la mise en marché, la protection de l'environnement. La nouvelle OCM vise ainsi à supprimer les aides aux retraits de fruits du marché afin de ne plus encourager la production excessive de fruits non commercialisables, tout en renforçant le rôle des Organisations de Producteurs.

Allant dans le sens de ces évolutions, la montée en force du concept de "Production Fruitière Intégrée" (PFI)[1] en France est certes liée à l'OCM mais également aux efforts entrepris en ce sens par les principaux pays concurrents et notamment l'Italie [2]. Elle s'inscrit plus généralement dans un contexte concurrentiel nouveau marqué principalement par :
- une globalisation plus large du marché et une segmentation plus fine de la distribution
- le glissement de régulations principalement nationales, marchandes et tarifaires (prix, quotas) vers des régulations plus stratégiques, contractuelles et techniques : normes publiques ou privées, de type qualitatif, sanitaire et environnemental.

Ces changements interpellent la recherche dans sa capacité à produire des connaissances scientifiques susceptibles de les accompagner, voire de les anticiper. Construire un programme de recherche à l'échelle d'une filière n'est en effet pas un exercice usuel dans la communauté scientifique. C'est ce défi que nous avons tenté de relever avec le programme PFI. Ce texte présente les enseignements qui ont pu être tirés de cette expérience, aussi bien en terme de difficultés rencontrées que de réussites dans la voie pluri-, voire parfois inter-, disciplinaire qui a été la nôtre.

L'histoire française et européenne de la Production Fruitière Intégrée [3]

Pour être comprise, notre démarche de recherche doit être resituée dans l'histoire des démarches, françaises et européennes, à la fois scientifiques et techniques, de construction des référentiels se réclamant de la PFI.

- Une première période de construction scientifique sous la houlette de l'OILB

Créée en 1955, l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB) devient le lieu privilégié de rencontre des scientifiques engagés dans la recherche de méthodes de lutte contre les ravageurs qui allie la lutte biologique à des moyens de lutte chimique raisonnés [4]. Un groupe de travail "lutte intégrée en verger" y est créé en 1969. Il s'ensuit une forte mobilisation des scientifiques des différents pays d'Europe et notamment de la France qui débouche sur le concept de production intégrée. Des premiers guides de production intégrée voient le jour. Mais le début des années 80 marque le recul de ces activités, notamment en France, pour des raisons qui tiennent apparemment aux difficultés de valorisation économique, et parfois de reconnaissance institutionnelle, de ces travaux.
L'activité scientifique ne reprendra véritablement qu'au début des années 90, lorsque l'OILB commence à s'inquiéter des initiatives prises par l'agrochimie et la profession agricole en matière d'agriculture "raisonnée", jugées peu conformes à l'esprit de la production intégrée. L'OILB entreprend alors d'en énoncer plus clairement les concepts et d'établir des directives spécifiques par culture. La première voit le jour en 1993 pour les fruits à pépins.

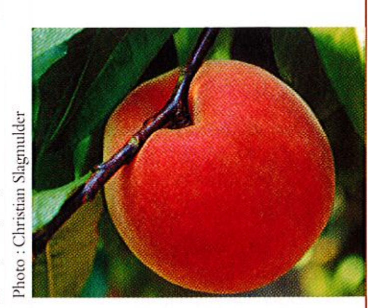
Situation de la PFI en France au démarrage du programme

En France, aucune enquête récente ne permet d'avancer des chiffres précis sur le développement de la PFI. Les premiers obstacles semblent être d'ordres politique et économique, à savoir que les instances concernées ne sont pas parvenues à statuer sur la terminologie. Certains préfèrent parler d'agriculture "raisonnée" en arguant de rendre le concept à la fois compréhensible par le public et acceptable par les agriculteurs : le terme production "intégrée" revêt, en France, des connotations négatives : référence au modèle d'intégration verticale associé au développement de formes intensives d'élevage, en Bretagne en particulier.
Il n'y a pas de consensus, non plus, sur l'opportunité d'un référentiel national, surtout par rapport au niveau des exigences. Deux positions sont en présence :
• les partisans d'un référentiel minimum qui validerait en quelque sorte l'ensemble de la production mais garantirait la sécurité alimentaire du produit pour le consommateur
• les partisans d'un référentiel plus exigeant qui permettrait de créer un nouveau segment de marché.
Cependant, les exigences réglementaires évoluent rapidement, notamment en ce qui concerne la sécurité alimentaire et l'environnement. Les recommandations de la production intégrée sont prises en compte par la réglementation et le concept doit lui aussi évoluer s'il veut conserver son caractère innovant et moteur qui était d'ailleurs sa vocation première.

J-P. Gendrier,
Acta - Gotheron, communication personnelle

- Une seconde période de mise au point et diffusion techniques

Les premiers efforts de production intégrée en entreprise ont lieu dès la fin des années 70 en Europe, par exemple avec la création en France de Covapi, Comité de valorisation de la production intégrée, mais ils restent isolés.
En 1985, la production intégrée repart de façon explosive et à grande échelle en **Italie du Nord**, puis à partir de 1989 en Émilie Romagne, sur la base des principes de l'OILB. Les initiatives de valorisation commerciale connaissent là davantage de succès : à l'exportation, sensibilité des consommateurs allemands aux problèmes écologiques et action collective de grande ampleur semblent en être les raisons principales [5].
En **France**, les incitations au développement de la production intégrée ne sont pas aussi décisives qu'en Italie. Les aides européennes [6] ne sont pas comme en Italie, mobilisées prioritairement pour les cahiers des charges PFI. Elles vont plutôt à des programmes nationaux, dont la prime à l'herbe (80% des financements MAE de 1993 à 1999), à l'agriculture biologique ou à des programmes régionaux qui concernent rarement


Photo : Christian Slagmulder

Le Point

❶ Organisation du projet PFI en "tâches et contribution des Départements Inra

Tâches	Intitulé	Départements Inra impliqués	Échelles de travail et niveaux d'organisation appréhendés
1	Analyse économique	SAE2	Europe, France
2	Analyse du fonctionnement des OP	SAD	Bassin de production, organisation de producteurs
3	Analyse des pratiques et règles de décision	EA, SAD, SPE	Organisation de producteurs, exploitation agricole, sol, parcelle
4	Modèle biotechnique de la culture	DI, EA, GAP, SPE, MIA	Parcelle, arbre fruitier, organe
5	Sélection et test d'itinéraires techniques : adaptation de la méthode Indigo®	EA, SPE,	Parcelle
6	Analyse spatiale et SIG	EA	Bassin de production, parcelle
7	Base de données	DI, EA, SPE SAD, GAP	

DI : Direction Informatique
EA : Environnement et Agronomie
GAP : Génétique et Amélioration des Plantes
SAD : Sciences pour l'Action et le Développement
SAE2 : Sciences Sociales, Agriculture et Alimentation, Espace et Environnement
SPE : Santé des Plantes et Environnement

l'arboriculture. La réponse majoritaire au développement important de parasites (maladies cryptogamiques dans les régions septentrionales, insectes dans les régions méridionales) reste de fait l'accroissement du nombre de traitements et le recours à des molécules anciennes plus actives mais plus toxiques en cas de résistance ; et ce, tout en restant conforme aux réglementations en vigueur.

Le mouvement pour une agriculture raisonnée (*integrated farming*) prend naissance en Allemagne en 1986, à l'initiative de l'agrochimie qui s'assure le concours de la profession agricole de ce pays. Il s'étend progressivement aux autres pays européens. En France, il donne naissance à l'association Farre (Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement) qui édicte sa Charte en 1994 et publie une première base technique en 1998 qui s'adresse à l'ensemble de la production agricole. L'argumentation technique y est peu développée et la priorité est mise sur la communication de masse vers les consommateurs, les citoyens, la grande distribution. Beaucoup plus médiatique que le mouvement de production intégrée, jouant d'une ambiguïté certaine des termes "intégré"/ "raisonné" dans la langue française et leur traduction de l'anglais, il jette une confusion dans l'espace professionnel de l'arboriculture de par la proximité des intentions affichées.

Le projet Production fruitière intégrée

- Méthode, hypothèses de travail et grands enjeux

Le projet PFI s'inscrit dans ce contexte historique, scientifique, technique et réglementaire marquant la fin des années 90. C'est une initiative de chercheurs "de la base" qui l'ont proposé à la direction de l'Inra. C'est sans doute une première originalité dans une période où le pilotage de la recherche par appel d'offres se généralise. Le projet se voulait néanmoins une réponse à des préoccupations largement exprimées dans les instances de direction sur le nécessaire caractère systémique des recherches à conduire pour répondre aux enjeux nouveaux du développement, et singulièrement du développement durable. **Ce programme a donc été conçu comme une "expérience" de recherches à l'échelle d'une filière ; c'est-à-dire prenant en compte les différentes étapes, process et opérateurs de la production jusqu'à la commercialisation des fruits. Et l'une de nos problématiques était en quelque sorte de tester sa faisabilité et son intérêt, à la fois en terme d'acquisition de connaissances aux différents niveaux d'organisation qui structurent une filière, et en terme de construction de partenariat.**

Cela a imposé une double exigence :

• L'échelle "filière" ainsi que l'acception de la PFI que nous avons retenue[1] demandent une vision largement pluridisciplinaire, mêlant sciences biotechniques et sciences économiques et sociales ; ce qui ne correspond pas à l'organisation habituelle de la recherche par disciplines ou grands groupes de disciplines. La construction du projet PFI a alors été basée sur l'idée de la "quasi-décomposabilité" des systèmes complexes [7] [8] qui en a permis le découpage en sous-systèmes plus compatibles avec nos échelles habituelles de réflexion et de travail. Le projet a donc été "découpé" en "tâches" (tableau ❶) de telle façon que chacune d'elles constitue un "petit" programme de recherche *per se* qui mobilise des chercheurs dans leurs champs de compétence. Ces tâches, le plus souvent pluridisciplinaires (au sens des départements Inra), ont elles-mêmes été découpées en activités généralement mono disciplinaires[2].

• Il est vite apparu également que le partenariat avait un rôle à jouer dès la construction des questions de recherche. Le succès du programme PFI est d'ailleurs en partie dû à cette "co-construction", suivie généralement par des collaborations effectives sur le terrain. Il s'agissait là également de "tester" différentes formes de partenariat, depuis la relation institutionnelle entre l'Inra et l'Institut technique de la filière, le Ctifl, jusqu'à des formes beaucoup plus diffuses et moins formelles avec différents acteurs de la filière.

- Une nécessaire approche interdisciplinaire à construire

La réelle novation et la difficulté du projet consistaient donc en la coordination d'un important groupe de

[1] Parmi les différentes définitions de la Production Intégrée, nous avons retenu dans le projet celle proposée par l'OILB-SROP (1980) qui porte à la fois sur les moyens et les objectifs : *Système de production mettant en œuvre un ensemble de techniques culturales satisfaisant à la fois les exigences écologiques, économiques et toxicologiques, en vue d'obtenir une récolte qualitativement optimale.* Cette acception de la PFI porte donc sur le système de production, et non seulement sur celui de la "*protection*". On est là dans une conception proche de ce qui est communément admis aujourd'hui sous le terme de "*durabilité*" et qui implique une vision largement multidisciplinaire, mêlant sciences biotechniques et sciences économiques et sociales.

[2] Et évaluables par les pairs. En ce sens, ces activités pouvaient être jugées comme des projets de recherche autonomes dans leurs dimensions "pertinence" vis-à-vis des schémas directeurs des départements Inra et "capacité de production de connaissances" dans leurs champs disciplinaires respectifs.

chercheurs de champs disciplinaires différents autour d'un même objet, et dans une attitude ouverte, et proactive, vis-à-vis du partenariat. On attendait de cette coordination de permettre une approche pluridisciplinaire, voire interdisciplinaire, des questions posées. Mais là également, il aurait sans doute été vain, et voué probablement à l'échec, d'en rester à une volonté globale d'interdisciplinarité. Cela nous a amenés à identifier des questions de recherche en privilégiant 3 interfaces, disciplinaire ou partenariale :

- entre agronomes de la production fruitière et spécialistes de la protection des plantes
- entre disciplines économiques et sociales, et disciplines biotechniques
- entre la recherche, l'interprofession et l'organisation professionnelle.

Sans reprendre ici la description complète du projet, on peut illustrer ces questions aux interfaces par quelques enjeux de recherche :

- expliciter et modéliser l'influence des interventions techniques (taille des arbres, éclaircissage des fruits, irrigation, mesures prophylactiques, mélanges de variétés...) (et non uniquement des traitements phytosanitaires) sur l'épidémiologie des bioagresseurs
- réexaminer de façon critique les variables jugées pertinentes par les "agronomes" du projet (au sens large : agronomes *stricto sensu*, spécialistes de la santé des plantes, généticiens...) au regard des logiques de fonctionnement en production fruitière intégrée (exploitations, Organisations des Producteurs), voire encore plus globalement dans l'environnement économique et institutionnel des producteurs
- élaborer avec l'Interprofession (i.e. le Ctifl) des outils de diagnostic et d'évaluation techniques et économiques qui soient adaptés au fonctionnement et à l'organisation de la filière : organisation par espèce, un Centre technique fort à vocation nationale, de nombreuses stations expérimentales régionales, un poids important du conseil technique de proximité.

- Quelques résultats au regard de ces enjeux

Nous avons choisi ici de ne pas présenter de résultats scientifiques, au sens classique du terme, sauf s'ils permettaient d'illustrer la façon dont les "enjeux d'interface" définis ci-dessus avaient été, ou non, atteints ou approchés. Pour la production scientifique "classique" du programme, on se contentera dans cette synthèse

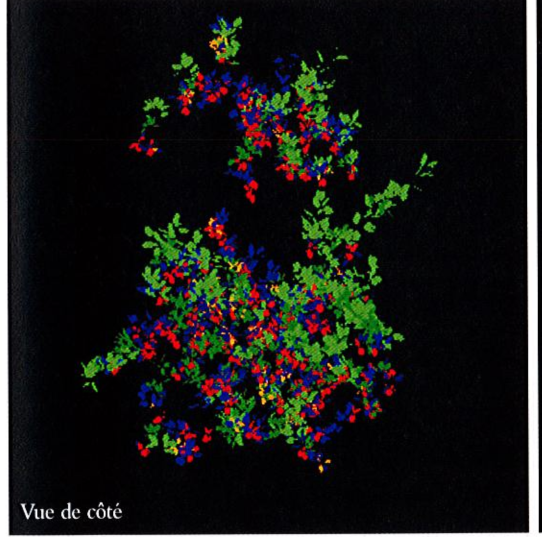
- de rappeler les chiffres de production primaire : une cinquantaine de publications, 45 communications, une trentaine de mémoires d'étudiant, 3 thèses[3]...
- de renvoyer à la liste complète de ces productions que l'on trouvera sur internet à l'adresse : (site internet en création sur www.avignon.inra.fr).

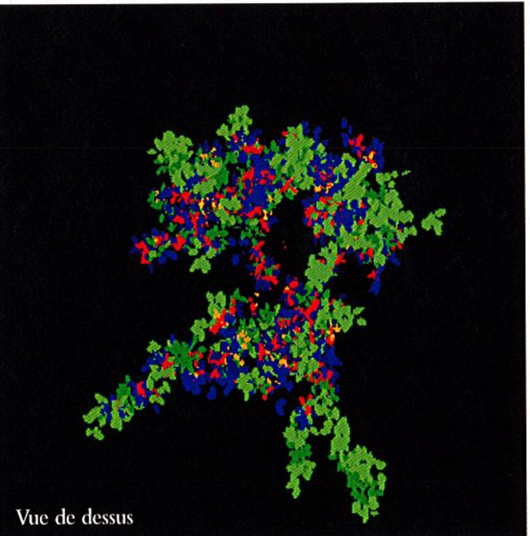
- Organisation en tâches de recherche et enjeux d'interdisciplinarité

Chaque tâche était animée par un (ou plusieurs) responsable(s) et associait des chercheurs d'origines variées (souvent de différentes unités et différents départements de recherche de l'Inra) tout en étant assez concentrée sur un objectif. L'approche choisie permettait des interactions entre tâches, voire la recherche de synergie entre tâches complémentaires associées dans des groupes de travail (fig. ❶) pour y étudier spécifiquement certaines interfaces particulièrement sensibles :

- ainsi, les cahiers des charges auxquels souscrivent les arboriculteurs dans leurs organisations appellent l'agronome à resituer les objets de son domaine (parcelle, itinéraire technique, système de culture...) dans des niveaux d'organisation supérieurs (exploitation agricole, Organisation de Producteurs, bassin d'approvisionnement...), voire à modifier ces objets
- de la même façon, une analyse économique des mécanismes institutionnels qui produisent la norme PFI et l'instrumentalisent dans la filière (et pas seule-

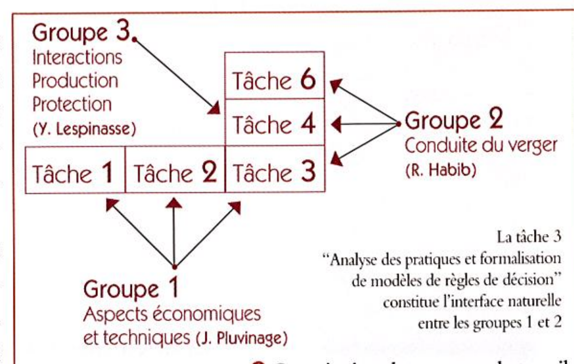
[3] À la date du 20 mai 2005 : 30 publications dans des revues scientifiques à comité de lecture, 20 publications dans des revues de vulgarisation, 45 communications dans des colloques avec publication (ou résumé), 16 rapports internes, 31 mémoires d'étudiant (niveau bac+2 à bac+5), 3 thèses soutenues (qui se sont toutes soldées par le recrutement du thésard, soit à l'Inra, mais dans d'autres départements que ceux ayant financé les thèses, soit dans l'enseignement supérieur agronomique).





Arbre en conduite centrifuge (C4)

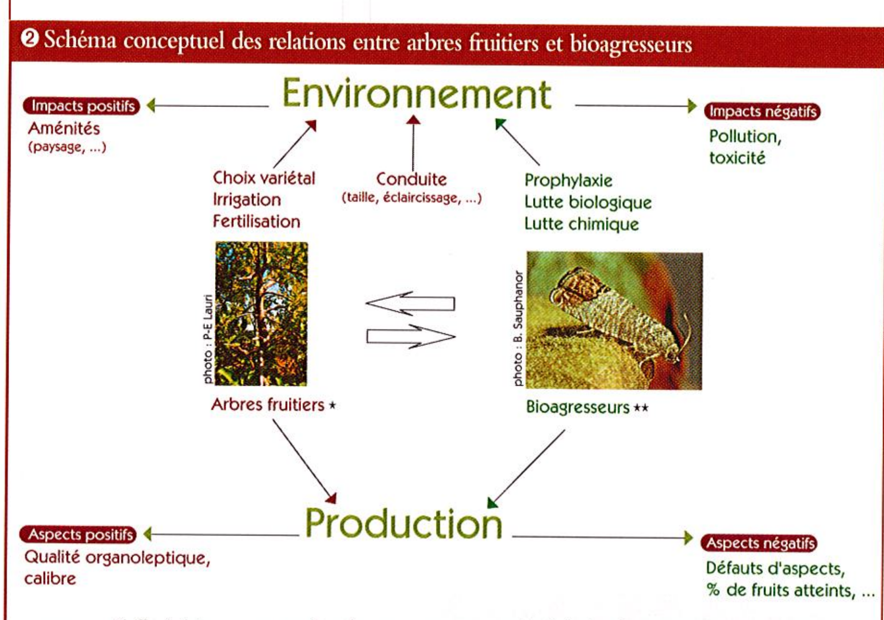
Exemples de maquettes obtenues
- Valeur de STAR sur structures reconstruites prises individuellement sous-estimée par rapport au STAR sur structures digitalisées pour certains types de structures.
- Mais bonne restitution de la morphologie des arbres.



❶ Organisation des groupes de travail
La tâche 7 (bases de données informatiques) était transversale à l'ensemble du projet, tandis que la tâche 5 (sélection et test d'itinéraires techniques adaptation de la méthode Indigo) s'est progressivement orientée vers une collaboration avec le Ctifl régie par une convention particulière et a donc fait l'objet d'un suivi spécifique.

Le Point

❷ Schéma conceptuel des relations entre arbres fruitiers et bioagresseurs



⟸ L'effet du bioagresseur peut être directement une attaque des fruits (cas du carpocapse) ou être plus indirecte en affectant certaines fonctions physiologiques ou écophysiologiques qui auront une incidence sur l'élaboration du rendement et de la qualité des fruits (exemple des pucerons qui détruisent les jeunes pousses et prélèvent de la sève pour leur alimentation).

⟹ L'effet de la plante sur le bioagresseur pourra être direct au travers du choix variétal ou modulé par les pratiques culturales. Certaines auront un effet indirect en créant, par exemple, un microclimat de la couronne plus humide et donc plus favorable au développement des maladies fongiques, suite à de fortes irrigations ou du fait d'une vigueur exacerbée par les pratiques de taille. D'autres pratiques comme l'effeuillage et le buttage sur le rang ou la suppression des organes malades (ex. momies, ...) chercheront un effet prophylactique direct.

* Pommier conduit selon le principe de l'extinction artificielle. On peut noter le "puits de lumière" qui assure l'éclairement du centre de l'arbre.

** Carpocapse des pommes (stade adulte).



Monilioses, attaques à la récolte de haut en bas : *Monilinia Laxa, Monilinia Fructigena, Monilinia Fructicola.* *Source : L. Parisi, Inra Angers*

ment au niveau de la production), doit en retour permettre de procéder à une évaluation critique des variables de performance retenues dans les modèles de simulation élaborés ; ou en d'autres termes, est-il pertinent de faire des recherches amont très élaborées sur tel ou tel critère de qualité ou indicateur d'impact environnemental si ce critère ou cet indicateur n'est pas, ou ne peut pas être, utilisé ensuite par la filière pour différencier le produit ou la façon de produire ?

- Objectif : assurer l'interface entre agronomes de la production fruitière et spécialistes de la protection des plantes

Performances agronomiques et protection phytosanitaire forment encore aujourd'hui des domaines de recherche (et de modélisation) souvent séparés, même si la nécessité d'une approche commune est généralement reconnue. Il s'agissait là de construire les conditions d'une approche interdisciplinaire. Cela n'a pas été sans difficultés, car bien qu'il s'agisse ici de sciences biotechniques, les chercheurs de part et d'autre de ces domaines disciplinaires manquaient d'habitudes de travail en commun, et finalement d'une formalisation commune de leurs objets d'étude. Leur collaboration active dans le cadre du programme (participation à la conception d'une base de données "verger" combinant performances agronomiques et sanitaires, nombreux séminaires d'exposés des travaux, co-encadrement de stages, participation à des comités de pilotage de thèse, participation à l'expertise ATEPE [3], rédaction d'articles en commun...) leur a permis *in fine* de proposer un modèle conceptuel du double système formé par l'arbre fruitier et ses bioagresseurs, avec les modes de conduite et de lutte phytosanitaire associés, et de considérer dans un même ensemble leurs impacts potentiellement positifs ou négatifs sur l'environnement et les performances agronomiques du verger. (voir la figure ❷ qui est inspirée de la présentation qu'a faite Françoise Lescourret de ces travaux au séminaire organisé par l'Inra au Salon International de l'Agriculture en 2004). Cette intégration des approches a amené les deux responsables des équipes de "Santé des plantes" et d'"Agronomie" du centre Inra d'Avignon à proposer aux départements EA et SPE leur fusion dans une même équipe sur la gestion agronomique et sanitaire des vergers. Cette proposition est en cours d'analyse par les départements. Mais quelle que soit la décision qui sera prise, nous pensons que l'on peut y voir une preuve que l'objectif de créer une interface entre agronomes de la production fruitière et spécialistes de la protection des plantes a bien été atteint dans le cadre du programme.

- Objectif : assurer l'interface entre disciplines économiques et sociales, et disciplines biotechniques

Au-delà de ce rapprochement entre "disciplines techniques", la construction du programme et son déroulement ont été l'occasion de confronter 3 approches différentes d'un même objet :

- une approche biotechnique voyant dans l'analyse des processus biophysiques et écologiques en œuvre, et dans leur maîtrise par les techniques culturales (au travers de la proposition de "bonnes pratiques"), les solutions aux enjeux posés par les systèmes de production et leur transformation
- une approche de "recherche - intervention" visant à établir les liens possibles et les difficultés à surmonter entre référentiels techniques (pour partie à établir), actions et objets de gestion, et formes d'organisation des acteurs de la filière susceptibles de mettre en œuvre et de valoriser ces référentiels
- des approches de sciences économiques et sociales prenant les normes et leur dynamique, ainsi que les jeux de concurrence entre acteurs dans la définition de ces approches, comme éléments de compréhension des stratégies objectives en cours, au-delà des discours

et "opérations d'affichage marketing" des différents opérateurs de la filière.

Il est clair que le temps du programme PFI n'a pas permis de fondre ces trois approches dans un même creuset interdisciplinaire. Cependant la confrontation des disciplines a eu lieu et produit des rencontres et des avancées tant des disciplines que des individus [9]. Mais tous les objectifs fixés n'ont pas été atteints, et certaines des ambitions affichées se sont révélées "naïves". Par exemple, celle d'aider à formaliser un référentiel en vue de l'élaboration de normes techniques collectives "PFI" (cahiers des charges) s'est heurtée à la réalité du flou et de la diversité actuels des cahiers des charges se réclamant de cette norme. Flou et diversité servent, de fait, les intérêts de la filière dans un contexte où la norme environnementale, bien que devenue stratégique, imposerait dans sa conception la plus "PFI" (c'est-à-dire celle de l'OILB) des changements très radicaux des modes d'organisation et de production, dont la valorisation n'apparaît pas assurée dans les conditions actuelles de structuration du marché.

Dans les trois approches évoquées ci-dessus, la recherche a bien été un acteur dans le jeu de la définition des normes mais le projet n'a pas permis une synthèse interdisciplinaire des trois points de vue mis en œuvre dans son cadre. Cela tient probablement au point de départ du projet qui était pour une majorité d'entre nous l'établissement des normes techniques à inscrire et instrumenter, dans la logique des directives de l'OILB, dans un cahier des charges porté par les Organisations de Producteurs volontaires et leurs adhérents, dans le contexte réglementaire de la nouvelle OCM. Le chemin parcouru conduit à formuler différemment le problème. La question à traiter aujourd'hui, pour dépasser ce constat de demi-échec, serait plutôt celle des relations entre qualification du produit et gestion technique du verger qui prendrait en compte les freins multiples à l'adoption de ces "directives" dans leurs dimensions techniques, organisationnelles et économiques. Cela reviendrait finalement à construire un projet de recherches autour des conditions d'émergence, de qualification et de reconnaissance d'un nouveau mode de production "écologique" (le terme "label vert" a même été proposé par certains [9]) qui viendrait prendre une place sur les linéaires entre production raisonnée et production biologique et serait accepté par la filière de production et mise en marché, les distributeurs et les consommateurs, avec toutes les difficultés à résoudre dans un univers où les signes de qualité, public ou privé, se multiplient.

- Objectif : assurer l'interface entre la recherche, l'interprofession et l'organisation professionnelle

Enfin le programme PFI a été l'occasion "d'expérimenter" des formes multiples de partenariat. Si l'on se place sur un gradient rendant compte du degré de formalisation et d'implication institutionnelle de ce partenariat afin d'en styliser les formes, on trouve



Photo : Christian Slagmulder

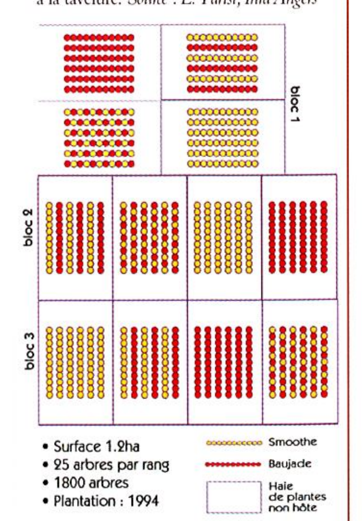
d'une part, les collaborations bilatérales "classiques" plus ou moins diffuses entre chercheurs Inra et "techniciens" du développement (œuvrant dans des Centres d'études techniques agricoles (Ceta), stations régionales, ou coopératives) et d'autre part, les collaborations avec le Ctifl, Institut Technique de la filière et donc partenaire institutionnel.

Dans le premier cas, il s'est agi plutôt de relations de confiance inter-individuelles qui se concrétisent dans un travail sur un objet commun [10]. Tout en se développant hors institutions, ces formes de collaboration peuvent avoir un grand impact jusqu'à l'échelle de la filière [11].

Dans le second cas, le partenariat s'est fondé sur une démarche conventionnelle très rigoureuse définissant objets de collaboration, temps investi de part et d'autre, objectifs à atteindre, droits de propriété intellectuelle... qui est peu dans la manière des chercheurs Inra, mais n'en a pas moins débouché sur plusieurs réussites parmi lesquelles on peut citer la **base de données nationale EFI sur les performances agronomiques et techniques des vergers de pêchers** qui est déjà accessible sur le portail internet du Ctifl, **ou l'adaptation à l'arboriculture de la méthodologie Indigo®** [12] qui permet d'évaluer les pratiques culturales à la parcelle du point de vue des risques d'impacts sur l'environnement (indicateur "pesticides" et "azote" en particulier).

L'exemple d'Indigo est intéressant à analyser à plusieurs titres. Cette méthode de production d'indicateurs agri-environnementaux n'utilise en entrée que des données dont disposent les agriculteurs. L'idée est de leur permettre une auto-évaluation de leurs pratiques dans un domaine qui leur était jusque-là peu accessible, en complément de l'évaluation "classique" des performances agronomiques. Tout d'abord on peut relever le succès scientifique et technique du transfert

Plan du verger en mélange variétal pour l'étude de la resistance à la tavelure. *Source : L. Parisi, Inra Angers*



Le Point

Pour en savoir plus
Site : www.avignon.inra.fr/PFI/
[1] Cela s'est traduit par la réglementation CE 2200/96 du 28 octobre 1996.
[2] Sansavini S., 1997. Integrated fruit production in Europe: research and strategies for a sustainable industry. *Sci. Hort.* 68, 25-36.
[3] Codron J.M, Jacquet F., Habib R., Sauphanor B., 2003. Rapport sur le secteur arboricole, expertise Inra, "Agriculture, Territoire et Environnement dans les Politiques Européennes", *Les Dossiers de l'Environnement de l'Inra*, n°23, mai 2003, 27-64.
[4] Ferron P., 1999. Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application. *Cahiers d'Études et de Recherches Francophones Agricultures*, 8, 386-396.
[5] Bellon S., Codron J.M., Habib R, de Sainte-Marie Ch., Sauphanor B., Sterns J., 2001. La production fruitière intégrée en Italie : regards critiques sur une conversion réussie. *Document interne*, Inra PFI Avignon et Montpellier, 25p + Annexes.
[6] MAE, Règlement CEE 2078-92.
[7] Simon H., 1991. Sciences des systèmes, Sciences de l'artificiel. Paris, Dunod. Traduction française de *The sciences of the artificial*, 1969-1981, Massachussets Institute of Technology, USA.
[8] Sebillotte M., 1999. Des recherches pour le développement régional. Partenariat et transdisciplinarité. *Revue d'économie régionale et urbaine*, 3, 21 p.
[9] Bellon S., de Sainte-Marie C., Fauriel J., Lauri PE., Navarrete M., Nesme T., Plénet D., Pluvinage J., 2005. La Production Fruitière Intégrée en France : innovation ou rénovation ? *Colloque "Agronomes et Innovations"*, Le Pradel, 8-10 sept 2004.
[10] Plénet D., Navarro E., 2004. Pêcher : combinaison d'une nouvelle technique de conduite des arbres et d'une irrigation raisonnée. *ObjectifArbo*, décembre 2004, 4 p. (exemple de la démarche "Optiverger", Plénet et *al.*, 2004).
[11] Comme en témoigne l'expérience Mafcot qui a contribué au cours des dix dernières années à la transformation de l'arboriculture en France, et que Bellon et *al.* (2005) [9] considèrent comme un modèle d'organisation pour favoriser l'innovation (cf. Paratte R., 2004. Autour du pommier : trajectoire d'un collectif de travail et construction de connaissances. Mémoire de Licence d'ethnologie, université de Neufchâtel, Faculté des lettres et sciences humaines, mars 2004, 150 pp.).
[12] *Inra mensuel* n° 120 - mai 2004.

d'une méthodologie issue du monde de la recherche, mise au point sur les grandes cultures, puis adaptée dans un premier temps à la viticulture, et dans un second temps à l'arboriculture fruitière. Mais, malgré la "démarche de progrès" et l'entrée dans le cercle vertueux de l'auto-ajustement que doivent permettre ces indicateurs, nous avons rencontré une très forte réticence de nombreux acteurs de la filière chaque fois qu'une présentation en public en a été faite. La crainte exprimée est généralement celle d'une utilisation de ces méthodologies à des fins de contrôle que ce soit par les pouvoirs publics (écotaxe) ou l'aval de la filière (cahiers des charges "distributeur"). Dans ce cas, une démarche participative comme celle évoquée ci-dessus pour Mafcot [11] n'aurait eu probablement que peu de chance de succès. Cette innovation Indigo "arboriculture" n'a vu le jour que parce que le Ctifl l'a estimée conforme aux intérêts de la filière, et a su faire face aux nombreuses critiques faites. Dans des exemples de ce genre, qui font un pari sur les besoins de demain et sortent du cadre où une démarche essai-erreur personnelle permet corrections, ajustements et améliorations, le poids des institutions l'emporte probablement, en terme d'efficacité, sur les vertus attractives de l'auto-organisation informelle.

Conclusion

La construction du projet, qui s'est faite sur un temps long et a généré de nombreuses et fructueuses discussions, a déjà eu par elle-même un effet très positif, en amenant plusieurs d'entre nous à réfléchir différemment ses programmes de recherche, voire déjà à les infléchir pour pouvoir prendre en compte les interfaces entre disciplines. En ce sens, prenant d'emblée le parti d'une co-définition par les chercheurs et par les partenaires du monde économique des champs de savoir qu'il est utile de défricher, le mode de construction même du projet et les interactions entre chercheurs qu'il a engendrées, nous semblent répondre à la crainte parfois exprimée d'une organisation des connaissances supposée fixée. Il y a eu là la tentative consciente d'une réelle appropriation collective du projet par l'ensemble des partenaires intéressés à son avancement.

Le projet s'est ensuite déroulé sur 5 années. Il a représenté un point de convergence des travaux Inra sur la filière arboriculture, et amélioré ainsi leur "visibilité" à l'extérieur des communautés scientifiques. Cette synthèse veut montrer que s'il a suscité débats et controverses, il n'en a pas moins été un lieu de discussions pluridisciplinaires, ouvert sur les questions qui traversent la société, et a fourni un espace original d'animation et de production scientifiques qui déclinent la palette complète de notre métier de chercheur, de l'article dans des revues de rang A à la vulgarisation, de l'expertise commanditée par les ministères de tutelle à la formation des jeunes, de la collaboration scientifique plus ou moins classique au partenariat multiforme.

En guise de conclusion ultime, il est sans doute utile de rappeler que si le programme PFI a été conçu comme une action en temps limité, il n'en a pas moins eu de nombreuses suites :

• **en France,** des déclinaisons particulières du programme ont été soutenues dans l'action Dadp II en Rhône-Alpes, ou sur financement de la région Paca. Deux déclarations d'intention aux programmes fédérateurs PRA et Écoger, dans la suite logique de PFI sur ces thèmes particuliers, ont été évaluées positivement par les comités scientifiques. Une déclaration d'intention est en préparation pour l'appel à proposition 2006 du programme fédérateur ADD. Le partenariat avec le Ctifl se poursuit très activement et se concrétise par la mise à disposition d'outils (issus du programme PFI) sur internet au service de la filière.

• **au niveau européen,** les projets Isafruit et Irriqual (Priorité 5 - 2005) viennent d'être acceptés. Isafruit porte sur l'amélioration de la qualité des fruits, et concerne toute la chaîne du consommateur jusqu'au chercheur génomicien. Irriqual est plus centré sur les relations entre gestion de l'irrigation et qualités organoleptique et sanitaire. Plusieurs chercheurs Inra des centres d'Avignon, de Montpellier et d'Angers, acteurs du programme PFI, vont y prolonger leurs collaborations.

Mais beaucoup des suites de PFI sont moins formelles et s'expriment au travers de collaborations multiformes entre chercheurs et ingénieurs de l'Inra, et techniciens et ingénieurs du développement. La crainte est réelle cependant que la dynamique ne s'épuise si elle n'est pas soutenue et reconnue institutionnellement. L'initiative de la direction scientifique Plante et Produits végétaux de redynamiser les "groupes filières", et en particulier celui dévolu à la filière fruits et légumes, devrait permettre d'offrir un lieu où l'apport du programme PFI pourra être capitalisé et valorisé en terme de politique partenariale et de co-construction des questions de recherche.

Robert Habib,
Plantes et Systèmes Horticoles, Avignon,
Jean Pluvinage,
Umr Innovation, Montpellier,
Yves Lespinasse,
Umr GenHort Génétique et Horticulture, Angers

Pourquoi les feuilles tombent ? Questions courantes et sujets de recherche

Si nos lectures et les enseignements de biologie nous ont laissé des images assez nettes de la formation de l'œuf de poule ou de la métamorphose du têtard, il n'en est pas de même pour le fonctionnement de l'arbre, en particulier pour le phénomène saisonnier de la chute des feuilles. Des chercheurs de l'Inra répondent à quelques questions courantes sur la physiologie de l'arbre et évoquent leurs propres travaux de recherche.

Interviews par *Pascale Mollier*, mission Communication



Photo : Pascale Inzerillo

Pourquoi les feuilles tombent ?

par *Hervé Cochard*

Sous nos climats tempérés, à l'automne, les feuilles tombent. L'arbre s'adapte ainsi aux effets conjugués du froid et de la diminution de la durée du jour. Si l'on maintient un arbre en serre chaude, comme nous le faisons au laboratoire pour le noyer, il garde ses feuilles plus longtemps.

Les signaux environnementaux (température et photopériode) déclenchent une série d'évènements aboutissant à la chute des feuilles : sous l'action des basses températures, la chlorophylle et certaines protéines sont dégradées ; ce qui permet de recycler le carbone et l'azote de ces molécules sous forme de réserves de nutriments transférés au reste de l'arbre. La dégradation de la chlorophylle dévoile une palette de pigments à base de carotènes (orange), d'anthocyanines (pourpre), et de xantophylles (jaune) qui donnent à l'automne ses si jolies couleurs...

Des enzymes et hormones végétales règlent ces processus.

Une zone d'abscission se forme à la base des feuilles, qui tombent sous l'effet de leur poids et du vent. Chez le chêne, les premiers gels se produisent avant la for-

Paroles d'arbre

Jean-Marie Gustave Le Clézio, *Voyage au pays des arbres*, éditions Gallimard.

"Les gens qui ne savent pas apprivoiser les arbres disent que les forêts sont silencieuses. Mais dès que tu siffles, et que tu siffles bien, comme un oiseau, tu commences à entendre le bruit que font les arbres. Il y a d'abord ces bâillements et ces respirations aiguës. Puis tu perçois d'autres bruits. Il y a des coups lourds, comme s'il y avait un cœur qui battait quelque part sous la terre. Puis tout un tas de craquements, des branches qui se redressent avec des explosions, des feuilles qui se mettent à trembler, des troncs qui se dérident. Il y a surtout des bruits de sifflements, parce que les arbres te répondent. Ça, c'est le langage des arbres".

Itinéraires

Hervé Cochard *et* **Thierry Améglio** *travaillent tous deux dans l'UMR547 Physiologie intégrée de l'arbre fruitier et forestier PIAF, Inra-Université. Clermont II, départements Environnement et agronomie et Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques.*
L'équipe de Thierry Améglio s'intéresse actuellement au phénomène d'endurcissement de l'arbre au gel, en liaison avec l'état de ses réserves glucidiques. Les chercheurs étudient sur le terrain les conséquences des sécheresses exceptionnelles de l'année 2003 et la capacité des arbres touchés (chênes, hêtres, noyers) à résister au gel. L'autre aspect de l'expérimentation consiste à reproduire ces phénomènes en conditions contrôlées : les chercheurs soumettent de jeunes noyers, cultivés en conteneurs, à des conditions différentes (stress hydrique, défoliation précoce) et étudient leur résistance à des gels provoqués. Hervé Cochard étudie les transferts de sève dans la plante en particulier en cas de sécheresse.

mation de la zone d'abscission et les feuilles se dessèchent complètement tout en restant sur l'arbre.
La chute des feuilles au sol permet de recycler les constituants de la matière végétale, dégradés par les micro-organismes de l'humus et captés à nouveau par l'arbre.
La chute des feuilles en automne n'est pas une grande perte pour l'arbre d'une part, parce que leur métabolisme est très ralenti par arrêt de la photosynthèse, d'autre part, parce que leurs constituants sont recyclés et ré-utilisés par l'arbre.

Pourquoi l'arbre doit-il se protéger contre le froid ?

En cas de froid intense, les petits vaisseaux des feuilles peuvent geler. Les gaz dissous dans la sève forment alors des bulles d'air car ils sont très peu solubles dans la glace formée. Lors du dégel, ces bulles d'air grossissent et provoquent l'interruption de la circulation de sève. Ce phénomène est appelé embolie hivernale[1].
L'autre problème est de protéger les cellules elles-même contre le gel. En effet, si l'intérieur des cellules gèle, il y a une dilatation et donc un risque d'éclatement de la cellule. De plus, les cristaux formés endommagent la machinerie cellulaire (organites, protéines, ...). Pour prévenir ce risque, les cellules se déshydratent et produisent des substances cryoprotectrices (sucres, protéines) qui abaissent le point de congélation à l'intérieur de la cellule. Le résultat est visible, en tout cas mesurable, au niveau de l'écorce : les cellules se contractent, le diamètre de l'arbre diminue. Lorsque du dégel, l'arbre reprend son diamètre initial, le phénomène est réversible[2].

Et les arbres à feuilles persistantes ?

Les arbres à feuilles persistantes sont moins sensibles au froid. Les conifères sont bien protégés contre le phénomène d'embolie hivernale car leurs aiguilles possèdent des éléments conducteurs (trachéides) très étroits où ne peuvent être piégées que des bulles d'air très petites. De plus, leur système photosynthétique est plus résistant au froid.
Cependant, chez toutes les espèces d'arbres, les feuilles ou aiguilles ont une durée de vie limitée et finissent par tomber. Le vieillissement naturel des feuilles est un processus complexe qui, comme chez l'homme, touche toutes les fonctions (photosynthèse, composition en pigments, assimilation des nutriments...).

Y a-t-il une "descente de sève" avant la chute des feuilles ?

Il est faux de dire que la sève quitte les feuilles avant leur chute. Il n'y a pas de "descente" de sève. La sève reste dans les vaisseaux.
Dans un arbre, on distingue schématiquement deux circulations de sève en période feuillée : le mouvement ascendant de la sève brute des racines vers les feuilles qui passe par les vaisseaux et le mouvement descendant de la sève élaborée des feuilles vers les racines qui passe de cellules en cellules. La sève élaborée ne contient que 1% de la quantité d'eau véhiculée par la sève brute.
C'est l'aspiration de l'eau par les feuilles qui tire la sève brute jusqu'en haut de l'arbre. Les feuilles perdent de l'eau par transpiration à travers les stomates[3]. L'arbre rejette ainsi dans l'atmosphère la presque totalité de l'eau qu'il puise dans le sol. Ses réserves d'eau sont très réduites.

Que se passe-t-il en cas de gel précoce, en automne ?

par *Thierry Améglio*

Normalement, en automne, l'arbre se prépare au froid : on dit qu'il "s'endurcit". Dès la chute des feuilles, les réserves d'amidon stockées pendant l'été dans le


Photo : Stéphane Ploquin

Manchon réfrigérant permettant de simuler un gel localisé et programmé (température, vitesse et durée de congélation). Cette température (par exemple -10°C) est appliquée ponctuellement sur différents arbres à des stades d'endurcissement au froid variables au cours de l'hiver.
Les conséquences locales de ce froid (présence ou absence de nécroses) sont observées au printemps et sont mises en liaison avec la période où le gel a été appliqué.
Les résultats confirment que les nécroses ne se développent que lorsque l'arbre n'est pas "endurci" à la température imposée par le manchon réfrigérant.

[1] Cruiziat P., Cochard H., Améglio T. 2003 - L'embolie des arbres. *Pour la Science*, n°305, mars 2003, 50-56.

[2] Améglio T. Cochard H., Ewers F.W. 2001 - Stem diameter variations and cold hardiness in walnut tree. *Journal of Experimental Botany* **52** (364), 2135-2142. Améglio T, Ewers F.W., Cochard H., 2003 - Gelista™ : a new tool for testing frost hardiness by stem diameter variations. Ed. K.K. Tanino et al., *Acta Horticulturae* **618**, 509-515.

[3] Les stomates sont de minuscules pores (quelques centièmes de millimètres) qui se trouvent à la surface des feuilles et qui permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère : entrée de CO_2 pour la photosynthèse, sortie de vapeur d'eau par transpiration.

bois et l'écorce sont progressivement transformées en sucres solubles, qui ont une fonction "d'antigel". C'est au mois de janvier-février que l'arbre est le mieux préparé au gel. En cas de gel précoce, le tronc de l'arbre insuffisamment endurci peut présenter des zones de nécrose, comme on a pu l'observer récemment dans la hêtraie ardennaise.

De telles nécroses corticales sont également observées sur les arbres urbains et auraient pour origine des alternances gels - dégels localisées sur des arbres non encore endurcis au froid. C'est actuellement un souci majeur des gestionnaires de l'arbre en ville. On peut même se demander si la sélection par les pépiniéristes de spécimens ayant une croissance soutenue et prolongée, dans le but d'obtenir rapidement des arbres de grande taille pour ce marché très porteur de l'arbre urbain, n'est pas à l'origine de la fréquence de ces nécroses. En effet, ces arbres sont toujours en croissance à l'automne et dans ces conditions, ils ne se préparent pas au froid.

Si de plus, l'arbre a subi des stress pendant l'été précédent (sécheresse, défoliation due à un stress thermique ou attaques de chenilles) et que sa croissance a été affectée avec des réserves d'amidon amoindries, sa sensibilité au gel est renforcée. Ce scénario s'est produit lors de la canicule de 2003 (sécheresse et température élevée entraînant la chute précoce des feuilles) et pourrait se reproduire dans le contexte du réchauffement climatique puisque l'on prédit des déficits hydriques plus fréquents en été. Ainsi paradoxalement, le risque majeur pour la suivie des arbres dans ces climats futurs pourrait être le froid[4].

Et en cas de gel tardif ?

Au printemps, les cellules de l'arbre sont plus sensibles au froid qu'en hiver, on parle de "dé-endurcissement". Ce dernier est en partie lié à la réhydratation de tous les organes avant le débourrement (éclosion des feuilles et fleurs protégées jusque-là par les écailles du bourgeon). À cette période, les conséquences du gel sur les jeunes organes en croissance sont importantes. En effet, les feuilles comme les fleurs ne sont pas des organes adaptés au froid.

Les gels tardifs marquent les esprits par leurs conséquences économiques directes sur la production fruitière de l'année. Ils sont néanmoins moins problématiques pour la survie de l'arbre que les gels d'automne. En effet, des bourgeons latents végétatifs (sans fleur) peuvent à nouveau débourrer après ces premiers dommages. L'arbre doit alors puiser à nouveau dans ses réserves glucidiques pour faire croître ces nouvelles structures. Ainsi, seule la répétition des gels tardifs au printemps ou sur plusieurs années peut être fatale à l'arbre. Là encore, le changement climatique qui induit un débourrement plus précoce pourrait aggraver ce phénomène de sensibilité des arbres au gel tardif.



Photo : Christian Bodet

"Échaudure" des arbres dans le jardin des Tuileries. Les chercheurs de l'équipe de Thierry Améglio montrent que ces altérations sont dues à des alternances gel-dégel. Elles sont orientées à l'ouest, du côté du soleil couchant, où le réchauffement en cours de journée est plus brutal. Les zones nécrosées se transforment en longue fissure au fur et à mesure de la croissance de l'arbre. Le terme "échaudure" est un terme professionnel qui désigne au départ des altérations de fruits ou de troncs dues à des coups de soleil.

Les feuilles peuvent-elles tomber en été ?

par *Nathalie Bréda*

Nathalie Bréda, *(UMR 1137 Écologie et écophysiologie forestières EEF, Inra-Université. Nancy I, département Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques)* est experte en quantification et impact de la sécheresse sur les arbres, à l'échelle des peuplements forestiers. Elle s'emploie à observer les conséquences des stress sur la croissance des arbres pendant plusieurs années, afin de prévoir le dépérissement et de récolter le bois avant qu'il ne soit dégradé. Elle travaille en collaboration avec les forestiers pour gérer les essences en fonction du sol ou du climat*.

* Bréda N., Granier A., Dreyer E. 2004. Physiologie des arbres : les effets de la sécheresse et de la canicule. *Forêts de France*, 474, 22-23.

Lors de la canicule de 2003, on a observé des jaunissements et des rougissements précoces des feuilles, des chutes de feuilles, de branches, de rameaux, de fruits. Cette année-là, il y a eu la conjonction exceptionnelle de 2 contraintes : la sécheresse et la canicule, dont les effets se sont ajoutés. La sécheresse provoque une fermeture des stomates des feuilles pour limiter la transpiration. Du même coup, il n'y a plus d'entrée de CO_2, plus de photosynthèse, la croissance s'arrête. Pour entretenir ses cellules, l'arbre doit puiser sur ses réserves, alors qu'il devrait en constituer pour l'hiver. Une fois les stomates fermés, l'arbre entre dans une période de survie difficile. Si la sécheresse persiste, il continue à se déshydrater - certes, à un rythme plus lent, mais continu. Les feuilles peuvent griller au soleil. Si la sécheresse est trop sévère, il y peut y avoir des phénomènes d'embolie gazeuse, la régulation par les stomates étant insuffisante[5]. Les feuilles ne reçoivent plus de sève et se dessèchent. Elles tombent, flétries, mais restent souvent vertes. La canicule produit quant à elle une dégradation de la chlorophylle, faisant apparaître des jaunissements et rougissements.

Quelles sont les conséquences pour l'arbre ?

Le jaunissement et la chute prématurés des feuilles ne sont pas forcément inquiétants car seuls les organes

[4] Dellus V. Staszewski M., Gendreaud T., Maujean F., Améglio T. 2003 - Échaudure des troncs : les effets cumulés de l'état physiologique de l'arbre et du gel à l'étude. *PHM revue horticole*, supplément espaces verts n°450 XIII-XV.

[5] En cas de sécheresse, les feuilles perdent beaucoup d'eau par transpiration à travers les stomates et aspirent plus d'eau. On peut imaginer la colonne de sève dans un vaisseau comme une corde tirée vers le haut. Si l'aspiration augmente trop, "la corde" casse. De l'air présent dans des vaisseaux morts avoisinants pénètrent dans le vaisseau, provoquant un phénomène d'embolie. Il s'agit donc d'un mécanisme différent de l'embolie hivernale. Normalement, l'arbre réagit avant l'embolie en fermant ses stomates. Le phénomène d'embolie gazeuse est la principale cause de mortalité des parties terminales de l'arbre (pousses et racines) en cas de sécheresse.

Itinéraires



Photo : Nathalie Bréda

Baclit : exemple de collecte de feuilles en août 2003 : certaines sont encore vertes, et des feuilles brunes tombent précocement.

annuels sont touchés. Il s'agit d'une stratégie de protection de l'arbre contre le dessèchement. L'arbre survit tant qu'il reste des bourgeons vivants et que son système racinaire n'est pas desséché. Mais le sacrifice des feuilles entraîne un déficit d'accumulation des réserves. L'arbre sera plus sensible au gel pendant l'hiver et au printemps suivant, le débourrement pourra être retardé et le feuillage moins dense.

Les conséquences sont plus graves pour des arbres déjà affaiblis par des incidents précédents (tempête de 1999, excès d'eau des printemps 2000 et 2001, sécheresse de 1996). Les effets des accidents climatiques peuvent se manifester plus de 10 ans après.

Les jaunissements et chutes précoces de feuilles peuvent-ils avoir d'autres causes ?

Ces symptômes ne sont pas spécifiques et peuvent être provoqués par beaucoup d'autres causes phytosanitaires. C'est ainsi qu'en 2003, beaucoup de hêtres ont perdu leurs feuilles en été sous l'effet de la sécheresse, mais des rougissements intenses étaient provoqués par un charançon phyllophage[6] (l'orchestre du hêtre). L'oïdium[7] provoque des brunissements des chênes, la mineuse[8] le jaunissement des marronniers, la graphiose[9] le dessèchement de l'orme. Il convient donc de faire des diagnostics précis de l'état sanitaire des forêts.

Combien y-a-t-il de feuilles dans une forêt ?

À l'époque où les feuilles tombent et où certains envisagent de les ramasser, en ville ou dans leur jardin, on peut se demander quels sont le nombre et la surface de feuilles d'un arbre. Le niveau des échanges entre la forêt et l'atmosphère est proportionnel à la surface des feuilles : plus il y a de feuilles, plus la forêt consomme d'eau et fixe de carbone. Ce paramètre s'appelle l'indice de surface foliaire. Nous mesurons cette donnée en forêt : typiquement pour une forêt feuillue tempérée, il y a entre 5 et 9 ha de feuilles pour un hectare de forêt. La surface d'une feuille est de l'ordre de 15-20 cm² pour le tilleul, le charme ou le hêtre, de 30 cm² pour les chênes et peut atteindre 70 cm² pour le châtaignier. Ainsi, un petit chêne de 15 ans présente une surface foliaire de 15 à 20 m² soit entre 3000 et 5000 feuilles ! Et pour un hectare de forêt, il faut compter entre 30 à 45 millions de feuilles… Alors à vos brouettes et vos râteaux ! ■

[6] Phyllophage : qui s'attaque aux feuilles.

[7] Oïdium : maladie des plantes, due à différentes espèces de champignons, qui se traduit par l'apparition d'un feutrage blanc sur l'organe végétal atteint.

[8] Mineuse : chenille qui passe une partie de son existence entre les deux épidermes d'une feuille, dont elle dévore le parenchyme.

[9] Graphiose : maladie de l'orme due à un champignon ascomycète, qui peut provoquer la disparition rapide du feuillage en été et la mort des arbres.

Le rhum

Trente ans de recherches à l'Inra

Le mot rhum désigne les distillats alcooliques de bouche, provenant exclusivement de la canne à sucre, *Saccharum sp.* : jus, sirop, mélasse*, high-test molasses*. Le rhum, avec 2 milliards de litres produits annuellement, est la première eau-de-vie consommée au monde, autant que la vodka, plus que le whisky. La production de rhum ne constitue qu'une partie de la transformation de la canne à sucre, qui est en quantité la première récolte au monde, source de 75% du sucre produit mondialement.

Fleurs de canne à sucre.



Photo : G. Guyot

Le besoin de maîtriser la qualité aromatique des rhums traditionnels, d'objectiver des descripteurs, a conduit les producteurs de la Guadeloupe et de la Martinique, à solliciter la recherche. C'est en réponse à ce besoin que l'Inra a lancé des travaux à partir de 1971. Ils ont permis d'établir des connaissances en écologie microbienne, en chimie des rhums, ainsi que des procédés de traitement des effluents. Des acquis de l'Inra ont été pris en compte lors de l'instruction de l'AOC "Rhum Martinique" qui a abouti en 1996.

Le caractère aromatique est l'un des traits majeurs des rhums traditionnels des Antilles françaises, qu'ils soient à base de mélasse ou de jus de canne à sucre. La microbiologie des milieux de fermentation tient une place déterminante dans l'élaboration de l'arôme. De cette propriété, il résulte que plus de 40% du rhum consommé en métropole, l'est sous forme d'"aromate" dans les préparations culinaires variées. C'est là une forme de consommation qui pourrait croître et ne pose pas de problèmes de santé.

Éléments d'histoire sur la fabrication du rhum

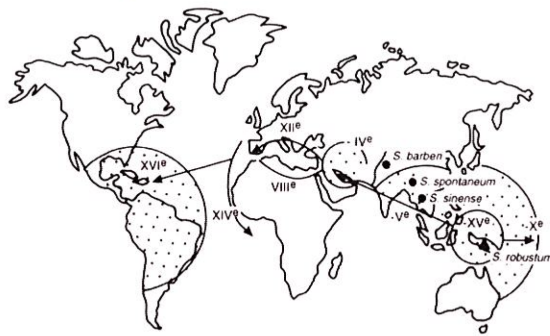
La production de rhum est née en Amérique tropicale, après que les *conquistadores* espagnols y aient transféré la production sucrière en provenance du Bassin méditerranéen, il y a près de cinq siècles. Des productions, à base de mélasse, furent aussi développées loin des aires de production de canne à sucre : il y avait 40 distilleries à Boston en 1807 et 2 à Liverpool en Angleterre, en 1765.

Aux Antilles françaises, la canne à sucre est cultivée depuis 1635. Elle l'a d'abord été dans les plantations de type esclavagiste qui perdurèrent jusqu'à l'abolition de 1848. La production de rhum a d'abord été développée comme voie de valorisation de la mé-

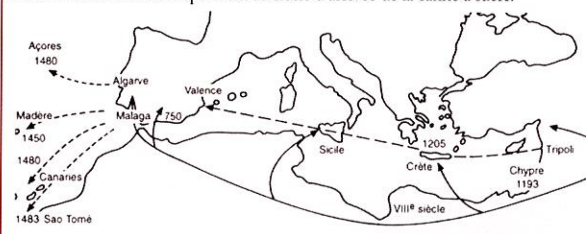
* Lexique

Alcools supérieurs : alcools plus lourds que l'éthanol, qui se retrouvent dans les distillats.
Blend : mélange de différents lots de production.
Catalyse oxydative : activation d'une réaction qui en l'occurrence conduit à une forme de composés soufrés non dommageable au goût du rhum.
Digestion méthanique : ensemble de réactions naturelles, se produisant dans les mangroves, transformant la matière organique essentiellement en gaz carbonique et en méthane.
Fermentation alcoolique : phénomène biologique de transformation des sucres en alcool (éthanol).
High test molasses : concentrés de jus de canne à sucre obtenus par évaporation du jus de canne, ayant été l'objet d'une hydrolyse partielle du saccharose pour limiter les phénomènes de cristallisation.
Lagunage : méthode d'épuration biologique des eaux usées consistant à les laisser séjourner dans des bassins ou lagunes.
Mélasse : liquide sirupeux, résiduel, après extraction du saccharose, lors de la fabrication du sucre.
Moût : liquide sucré préparé à partir d'une ressource sucrée (mélasse, jus) afin de le faire fermenter.

Cartes de l'origine et de la diffusion de la canne à sucre



Diffusion de la canne noble, *Saccharum officinarum*, à partir de la Nouvelle-Guinée (▲) et centres d'origine des cannes primitives (●) (d'après Alexander, 1973).
Les chiffres romains correspondent au siècle d'arrivée de la canne à sucre.

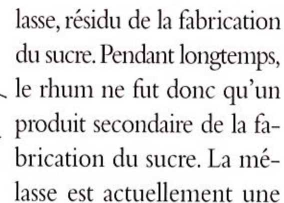


Diffusion de la canne à sucre et de la production sucrière dans le Bassin méditerranéen. — filière arabe, vers le VIIIe siècle ; --- filière chrétienne, vers le XIIe siècle ; --- filière hispano-portugaise au XVe siècle (d'après les données de Meyer, 1989).
Cartes reprises du livre signalé dans la note 1.

[1] Ces étapes sont décrites dans "De la canne au rhum", que nous avons écrit avec B. Ganou-Parfait, paru à Inra Éditions (1997), 104 pages.

❶ Sucrerie
❷ Une plantation de canne à sucre
Planches extraites de l'ouvrage *Histoire générale des Antilles habitées par les François 1635-1671* (Dutertre, Paris, 1667-1671).

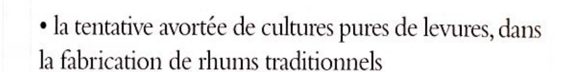
❸ La flore médicale, F.P. Chaumeton, Chamberet et Poiret, peinte par P.J.F. Turpin, Ed CLF. Panckoucke, 1816, Paris.



lasse, résidu de la fabrication du sucre. Pendant longtemps, le rhum ne fut donc qu'un produit secondaire de la fabrication du sucre. La mélasse est actuellement une matière première de choix pour de nombreuses productions biotechnologiques : bio-éthanol, biomasse, acides organiques... L'utilisation du jus de canne à sucre pour la fabrication de "rhum agricole" est apparue vers la fin du XIXe siècle.

Dans les plantations coloniales, à chaque sucrerie était annexé un atelier de fabrication de rhum, appelé "vinaigrerie" utilisant les mélasses sortant de cette sucrerie. Lors de la fondation des grandes usines centrales, au XIXe siècle, un certain nombre de petits propriétaires ne pouvant arriver à faire d'aussi bons sucres que ces usines, et ne voulant pas leur vendre leurs cannes, songèrent à transformer leurs récoltes en rhum, en faisant fermenter et distiller le jus même de la canne ou vesou. Cette nouvelle matière première a constitué une première modification significative au procédé primaire. Elle fut, en 1883, à l'origine des «distilleries agricoles» fabricant un rhum dit "rhum de vesou" et désigné sous les noms de : "Grappe blanche", "Rhum habitant".

Entre la fin du XIXe et le début du XXe siècle, le souci de satisfaire à des contraintes économiques de production et de commercialisation a conduit à de **nouvelles pratiques de fabrication des rhums :**
• le passage de l'alambic à la colonne à distiller
l'utilisation d'eau, à la place des vinasses pour la dilution des moûts*



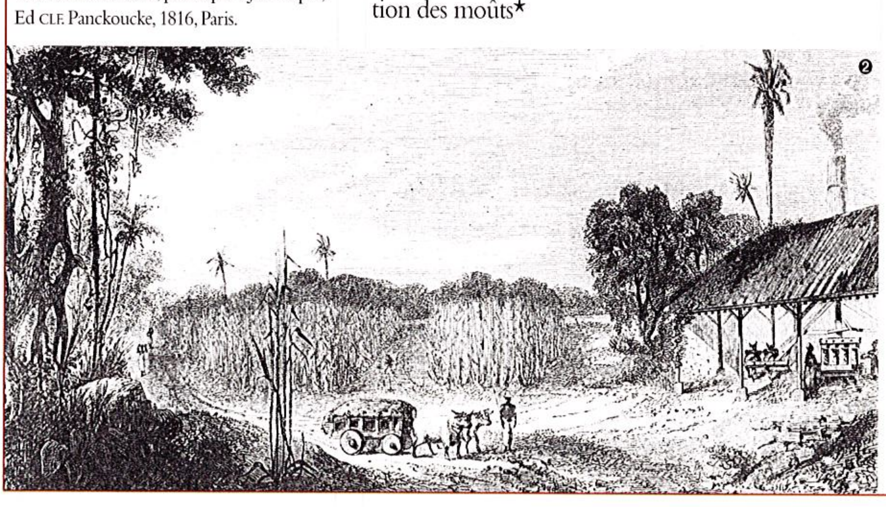
• la tentative avortée de cultures pures de levures, dans la fabrication de rhums traditionnels

Deux conséquences marquantes de ces évolutions ont été :
• la disparition des levures du genre *Schizosaccharomyces* de la plupart des milieux de fermentation, et l'émergence spontanée de celles du genre *Saccharomyces*
• l'émergence du rhum de type léger (voir l'encart sur les types de rhum), vers 1870, à Cuba, fabriqué par Facundo Bacardi.

La fabrication des rhums fait intervenir successivement **différentes opérations** : l'extraction du jus des tiges de canne, la "composition" des moûts à partir du jus extrait ou de la mélasse consistant à charger dans la cuve les divers ingrédients, l'ensemencement des moûts, la fermentation, la distillation et la maturation des distillats[1].

Originalité des rhums traditionnels

La production de rhum des débuts et jusqu'au XIXe siècle faisait intervenir des fermentations alcooliques spontanées, où on laissait donc faire la nature. Elles duraient une à deux semaines et étaient le fait de germes microbiens ayant résisté aux divers traitements du jus dans la sucrerie (concentration, cuite des sirops), de ceux apportés d'une part, par les fermenteurs en bois utilisés, et, d'autre part, par les vinasses (eaux résiduaires de distillations antérieures) de dilution des moûts. Ces eaux résiduaires étaient fermentées par une flore bactérienne acidifiante lors de leur stockage qui pouvait durer plusieurs semaines. Les moûts obtenus étaient acides et avaient une forte pression osmotique. Au cours de la fermentation, une abondante flore bactérienne acidifiante se manifestait donc à côté de levures du genre *Schizosaccharomyces* seules capables d'être actives dans de tels milieux. Ces cultures mixtes avaient une productivité faible et généraient des produits corsés. Le rhum obtenu était du type grand arôme. Cette production particulièrement aromatique est aujourd'hui marginale. Le produit est utilisé essentiellement comme bonificateur et comme ingrédient culinaire.



Actuellement, l'essentiel des rhums traditionnels produits, le sont à partir de moûts dilués avec de l'eau potable, au lieu des vinasses. Les fermenteurs en bois ont été remplacés par des cuves métalliques, plus faciles à nettoyer. La fermentation dure 24 à 30 heures. Parallèlement, les teneurs en sucre des milieux de fermentation ont été réduites. Les cultures mixtes levure-bactérie développent leur activité dans des milieux qu'il faut acidifier et complémenter en azote pour assurer leur fermentescibilité. Le caractère aromatique des rhums traditionnels a été maintenu. Il est un facteur déterminant de leur utilisation culinaire.

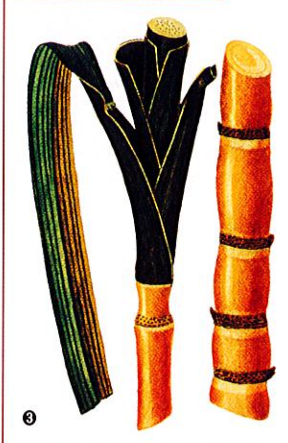
En France près des 2/3 du rhum commercialisé sont utilisés comme ingrédient culinaire et boisson chaude. L'ampleur de ces formes d'utilisation du rhum traditionnel est une singularité. La fabrication et la commercialisation de rhum n'ont pas, pour l'instant, valorisé cette spécificité d'utilisation. Il est intéressant de noter que plusieurs centaines d'hectolitres d'alcool pur de rhum du type grand arôme, sont commercialisés annuellement, comme ingrédient, exclusivement à des préparateurs culinaires, avec une fiscalité réduite. C'est un produit qui pourra être dynamisé, par une acquisition de connaissances, à réaliser avec des outils de la biologie moléculaire, sur l'écosystème microbien des milieux de fabrication du rhum grand arôme qui est complexe et spontané.



Photo : Louis Fahrasmane

Actuellement, la production de rhums traditionnels constitue une part significative de l'économie des départements d'Outre-Mer (DOM) français. C'est un produit qui a une image très forte, originale au sein des alcools de bouche, utilisé comme source d'arôme. Le renforcement et la prise en compte de ses spécifi-

La canne à sucre


❸

La culture de la canne fut d'abord une culture vivrière, à très petite échelle, dont les morceaux étaient sucés, afin d'en extraire directement dans la bouche le jus sucré. Au-delà de l'échelle des cultures vivrières océaniennes, c'est une production agricole qui a acquis au cours d'une phase proche-orientale et méditerranéenne jusqu'au Moyen Age, un caractère industriel : nécessité de disponibilités importantes de capitaux, tant pour le foncier, l'équipement, que de fonds de roulement pour l'entretien des cultures et du matériel. S'y ajoutait une main d'œuvre abondante, peu ou pas rémunérée, d'où un fort lien avec l'esclavage qui ira croissant jusqu'aux abolitions du XIX[e] siècle. Christophe Colomb transporta le premier la canne à sucre aux Antilles, à Saint-Domingue, lors de son deuxième voyage en 1493. Il épousa l'une des filles d'une grande famille noble qui dominait l'île sucrière de Madère : les Perestrello qu'il rencontra lors d'un voyage, à Madère, pour y acheter du sucre.

La redécouverte de la fertilité de la canne, dans la décade 1880 fut à l'origine d'initiatives scientifiques d'hybridation de canne, à travers des croisements intraspécifiques et interspécifiques. Les variétés modernes sont issues exclusivement d'hybridations. Le produit de ces croisements donne des rendements élevés et un important potentiel de qualités sucrières. Les critères de sélection incluent des caractères agronomiques, le taux de sucre, de fibre, la facilité de récolte, la résistance aux maladies, des caractéristiques environnementales. Les critères industriels pris en compte pour la sélection variétale de la canne à sucre sont relatifs à la sucrerie : la production d'un végétal le plus riche possible en saccharose, avec le minimum d'autres composés solubles (non sucré). Or, en fermentation alcoolique, le non sucre (minéraux, vitamines, azote...) constitue un facteur important de la nutrition et de l'efficience fermentaire des levures et de la formation des produits secondaires aromatiques.

La canne à sucre est une plante vivace dont la reproduction est assurée par bouture. Son aspect général rappelle quelque peu celui du roseau ou du maïs. Son aire de culture se trouve dans les régions à climat tropical et subtropical, chaud, humide et ensoleillé. La récolte est généralement annuelle, elle est bisannuelle à Hawaii. C'est dans la tige, constituée d'une succession de nœuds et d'entre-nœuds, qu'est stocké le saccharose. Elle peut atteindre quatre à cinq mètres de long pour quatre à six centimètres de diamètre. Sa production annuelle de matière sèche peut atteindre 150 tonnes/ha. Le moment de récolte varie selon le pays et le climat. Elle s'effectue de 12 à 18 mois après la plantation. La période de récolte se situe en saison sèche, de février à mai, aux Antilles. La tige de canne est coupée, aussi près que possible du sol. Elle est étêtée et épaillée. Le rendement agricole peut atteindre 250 tonnes à l'hectare, à Hawaii, où sont gérés des cycles de production sur 24 mois.

La récolte de la canne et son transport à l'usine ou à la distillerie doivent s'effectuer dans les meilleurs délais ; car une fois coupée, la canne se détériore sous l'action de flores bactériennes qui s'y introduisent et entraînent des modifications biochimiques. Celles-ci sont rapides à cause de la température élevée du climat tropical.

La canne à sucre constitue, en 2004, la plus importante production agricole mondiale avec 1 318 millions de tonnes (Mt) produites annuellement, sur 20,1 millions d'hectares (Mha), avec un rendement moyen mondial de 65,5 tonnes/hectare (t/ha). Le maïs est la seconde production : 705 Mt, sur 145 Mha ; le blé est la troisième : 624 Mt, sur 217 Mha (Annuaire FAO, 2004). 70% de la production sucrière mondiale vient de la canne à sucre. Le Brésil, l'Inde et la Chine, partenaires privilégiés de la recherche agronomique française, sont les premiers producteurs mondiaux de canne à sucre. Ils totalisent près de 60% de la production mondiale.

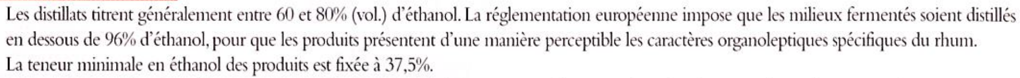
La canne à sucre n'est pas la seule plante sucrière industrielle, il y a aussi la betterave sucrière dont la production en 2004 a été de 237 Mt, sur 5 Mha, avec un rendement moyen mondial de 48,6 t/ha. Il faut noter que le meilleur rendement national betteravier est obtenu en France, et de loin, avec plus de 72 tonnes/ha (Annuaire FAO, 2004). La production de sucre de betterave est plus récente que celle de sucre de canne*.

La canne à sucre est une production agro-industrielle de premier ordre, par les quantités produites et ses transformations diverses selon les pays :

- au Brésil : premier producteur mondial avec 380 millions de tonnes/an, dont près de 200 vont en production de bio-éthanol. L'expérience brésilienne montre que le pouvoir énergétique de l'éthanol produit à partir de canne à sucre est neuf fois supérieur à l'énergie totale consommée pour sa fabrication
- à Cuba : papier, furfural, panneaux agglomérés, levure-aliment
- à Porto-Rico : avec de la canne à sucre riche en fibres, production d'électricité ou de produits chimiques comme le furfural, du jus, du sirop, du sucre et de l'éthanol
- en Colombie : canne-aliment pour animaux
- en Jamaïque et en Équateur : il existe un matériel de traitement séparatif de la canne à sucre pour obtenir des produits à haute valeur ajoutée : jus de canne, boisson à longue durée de conservation, sirop, sucre liquide et sucres de bouche, charbon de bagasse, fibre diététique pour l'alimentation humaine, panneaux agglomérés de bagasse
- en Inde, en Indonésie, au Mexique, à Hawaii... : production de papier journal.

L'application de procédés biotechnologiques pourrait générer des valorisations intéressantes à partir de ces ressources abondantes, renouvelables et omniprésentes en milieu tropical.

* Le 21 novembre 1806 constitue une date charnière pour l'économie sucrière européenne. Pour répondre au blocus des ports français imposé par les armées britanniques, Napoléon Ier instaure le blocus continental : toutes les marchandises anglaises sont dès lors prohibées sur le sol français. Pour compenser la soudaine pénurie de sucre de canne, l'empereur décide de soutenir activement la production de betteraves sucrières. En quelques années, de nombreuses usines de transformation sont créées. L'empereur remettra à Benjamin Delessert sa propre légion d'honneur, le 2 janvier 1812, en témoignage de sa satisfaction, après la visite de sa fabrique de sucre de betteraves, établie à Passy. Convaincu de ce qu'il a vu à Passy, Napoléon signe le 15 janvier 1812 un décret qui prévoie des bourses pour 100 élèves dans cinq écoles de sucrerie à : Paris, Douai, Strasbourg, Vacheneim (Wachenstein) et Castelnaudary...



Les types de rhum

Les distillats titrent généralement entre 60 et 80% (vol.) d'éthanol. La réglementation européenne impose que les milieux fermentés soient distillés en dessous de 96% d'éthanol, pour que les produits présentent d'une manière perceptible les caractères organoleptiques spécifiques du rhum. La teneur minimale en éthanol des produits est fixée à 37,5%.



Photo : Jean Weber

Les rhums bruts sont conservés plus ou moins longtemps pendant une phase dite de maturation qui peut se prolonger par un vieillissement. En effet, les rhums fraîchement distillés possèdent une certaine agressivité : une saveur brûlante due à leur degré alcoolique élevé, une sécheresse caractéristique, un arôme manquant d'harmonie et de complexité, avec une note de "chaudière" plus ou moins marquée. Malgré cette "jeunesse", ces rhums sont parfois livrés directement à la consommation après une simple dilution avec de l'eau distillée, au degré alcoolique marchand. Ils servent alors, le plus souvent, de base à des boissons (punch, planteur, cocktail...) dont les ingrédients divers masquent leurs caractères sensoriels négatifs.

Après quoi ils sont réduits aux teneurs commerciales en éthanol par "mouillage" (dilution par apport d'eau de très bonne qualité). Ils peuvent être l'objet d'assemblages, ou blend*. Les produits commercialisés appartiennent à différentes catégories, en fonction des traitements post-distillation et de leur teneur en substances aromatiques, indiquée par le TNA ou Taux en Non Alcool, exprimé en gramme par Hectolitre d'Alcool Pur (g/HAP). On distingue :

• Le *rhum léger* qui contient entre 60 et 225 g/HAP de TNA. Il représente environ 98 % de la production mondiale de rhum. Il est fabriqué à partir de mélasse, avec des procédés modernes de fermentation et de distillation, similaires à ceux de l'industrie chimique. Son bas coût de production et le marketing associé à sa commercialisation, par de très grands groupes, en font un produit de très grande distribution. Les produits commercialisés sont souvent des blends, préparés de manière à obtenir un standard.

• Les rhums traditionnels : rhums agricole, de sucrerie, grand arôme... contiennent plus de 225 g/HAP de TNA. Leur itinéraire de fabrication laisse place à l'expression, au cours de la fermentation, d'une flore bactérienne indigène, active conjointement à des levures indigènes et/ou à celles introduites. Les rhums traditionnels des départements d'Outre Mer (DOM), avec 20 millions de litres produits annuellement, représentent environ 1% de la production mondiale de rhum. 10 millions de litres sont commercialisés en France métropolitaine. Depuis plusieurs années, le volume de rhum consommé en France est plus important que celui des Cognac, Armagnac et Calvados réunis.

- à partir de jus de canne à sucre, c'est du *rhum "agricole"* qui est obtenu.
- à partir de mélasse sont obtenus du *rhum "de sucrerie"* et du *rhum "grand arôme"*. Ce dernier est fabriqué à partir de milieux de fermentation comprenant de la vinasse, dont la présence détermine une fermentation spontanée ayant pour levure des *Schizosaccharomyces*. Son TNA est supérieur à 800 g/HAP.

• Les *rhums vieux* : les distillats sont conservés en fût de chêne de capacité variable, de 180 - 650 litres, pendant au moins trois ans, pour avoir droit à l'appellation de rhum vieux.

• Ils peuvent être commercialisés blancs, ou colorés avec du caramel, ou par passage dans de grands contenants en bois (des foudres de 5 000 à 50 000 litres), pendant quelques mois pour obtenir des *rhums pailles*.

• Il existe une spécificité réunionnaise, le *rhum arrangé*. Ce sont des rhums aromatisés avec des fruits, des extraits de fruits et/ou des épices.

cités, en termes réglementaire et fiscal, la nécessaire communication commerciale comme pour tous les produits modernes, font qu'il y a eu un besoin de mieux maîtriser, objectiver, les rhums et leur environnement. C'est pour cela que l'appui d'activités de recherche développement a été nécessaire.

Un ensemble de recherches

- Le contexte de recherche en technologie de fabrication du rhum

Les premiers documents de recherche scientifique relatifs à la production du rhum datent du tout début du XIXe siècle. L'essor de la microbiologie, lié aux travaux de Pasteur, notamment sur la fermentation alcoolique, concerna la rhumerie, avec des tentatives d'applications hygiénistes. On chercha alors à réaliser des fermentations avec des cultures de levures plus pures et plus rapides. Si les rendements furent améliorés, la qualité commerciale des produits fut sensiblement diminuée ; ils étaient de plus en plus neutres. Une enquête du ministère de l'Agriculture (Rocques en 1927) concluait que "les rhums issus des fermentations pures et rapides se caractérisaient par leur faiblesse en acides et en éthers et par leur teneur relativement élevée en alcools supérieurs*". La plupart des producteurs revinrent aux fermentations spontanées qui permettaient d'obtenir des rhums plus corsés, au bouquet plus intense et plus caractéristique. Les eaux-de-vie obtenues avec ensemencement, bien que plus fines, étaient trouvées trop légères et insuffisamment aromatiques. Jusqu'alors les recherches sur la technologie de fabrication du rhum avaient été réalisées dans la Caraïbe : à la Jamaïque, à Puerto Rico et aux Antilles françaises. Elles avaient eu une forte dimension descriptive, intégrant nombre de chimistes.

Une activité de veille technologique a existé dès 1947 aux Antilles françaises, où l'Inra avait affecté un technicien, Jean Sabin, au Centre Technique de la Canne et du Sucre de la Martinique.

Aux Antilles françaises vers 1970, le besoin de maîtriser des aléas (arrêt, prolongation, acidification) du cycle de fermentation a conduit à utiliser de la levure de boulangerie séchée, peu chère et disponible, comme levure de fermentation d'appoint, et à la mise en oeuvre de cuve-mères et de cuves à levain.

- Premiers travaux de recherche Inra

Pierre Dupuy, chef de département des Technologies des produits végétaux à l'Inra, a effectué une mission dans la Caraïbe, en 1970, avec comme but principal de donner une orientation scientifique à un futur laboratoire Inra, dont la finalité des travaux serait la qualité des rhums traditionnels. Il écrivait dans son rapport de mission aux Antilles : "Le rhum donne lieu à peu de publications scientifiques et la plupart se rapportent à sa composition plus qu'à sa fabrication. Ce manque de recherches est peu gênant pour des productions traditionnelles mais empêche de développer des types de rhums nouveaux sur des bases rationnelles".

Un programme de recherches sur la fermentation en production de rhums traditionnels a été proposé, pour contribuer à rationaliser cette production traditionnelle, où l'empirisme a longtemps prévalu. Les questions de recherche identifiées étaient :

• quelles flores interviennent dans la fermentation et quel est le rôle des bactéries ?
• quelles sont les conditions qui, d'une part, accroissent le rendement et les esters, et d'autre part, diminuent certains composants de l'arôme (alcools supérieurs et aldéhydes) ?
Aubert Parfait a été le premier chercheur affecté par l'Inra, en 1971, au programme de recherche et de développement sur le rhum, au centre Antilles-Guyane.
Différents aspects ont été abordés depuis 1972 en technologie des rhums traditionnels :
• le contrôle des composés indésirables du profil aromatique des produits
• la microbiologie des milieux de fermentation
• la chimie des rhums en liaison avec la microbiologie des fermentations
• la technologie de la fermentation alcoolique* en rhumeries traditionnelles
• la technologie du traitement et de la valorisation des effluents de la rhumerie.

Revenons sur ces points.

- Contrôler la formation de composés indésirables

Les matières premières, mélasse et jus de canne, ne sont pas stériles ainsi que les milieux de fermentation. La récolte manuelle de la canne à sucre, tige par tige, qui a prévalu jusqu'en 1960, permettait d'avoir une matière première de qualité sanitaire convenable. La mécanisation de la récolte et des manipulations ont introduit de la terre et des feuilles dans les récoltes, entraînant une détérioration de la qualité sanitaire de la matière première fraîche et des mélasses.
L'eau de dilution des matières premières, lors de la "composition" des moûts, était une autre source potentielle de problèmes sanitaires. Elle peut héberger une flore bactérienne qui se développe durant la fermentation. Les volumes d'eau utilisés représentent entre la moitié et les 4/5 de la cuvée. Elle provient de rivières ou de nappes phréatiques.
L'amélioration de la qualité sanitaire des eaux de fabrication, la limitation des contaminations bactériennes des matières premières, les progrès dans le nettoyage et l'hygiène des installations, ont permis de réduire, voire de faire disparaître, les composés indésirables, en ne gommant pas la diversité des rhums en fonction des sites. Les produits indésirables étaient : l'acroléine, l'alcool allylique et l'acide éthyl-2 méthyle-3 butyrique. Il en a résulté la prédominance de la flore bactérienne lactique dans les milieux de fermentation, sauf dans ceux de production du rhum grand arôme.

Dans notre unité, un procédé de production de jus de canne stabilisé par microfiltration tangentielle a été mis au point et breveté, en 1999. Le produit qui en est issu est stérile, et constitue donc un intéressant milieu pour l'étude du comportement de souches microbiennes qui sont introduites dans le jus de canne à sucre. Une société, Jucann'Tech a été créée pour valoriser le brevet correspondant.
(voir *INRA mensuel* rubrique INRA partenaire, n° 113, juin 2002).

- Mieux connaître la bactériologie des moûts

La flore bactérienne tient un rôle déterminant dans la formation de l'arôme des rhums traditionnels. Son élimination avait conduit, dans un premier temps, à des produits neutres. Néanmoins, au-delà d'un certain seuil, les bactéries sont préjudiciables à la qualité des produits.
Les travaux de microbiologie entrepris ont permis de décrire la grande variété des populations bactériennes cultivables des moûts de rhumerie. Un inventaire exhaustif, avec des moyens de la biologie moléculaire, n'a pas encore été réalisé.
Une approche de la dynamique des espèces bactériennes au cours du cycle fermentaire permet de conclure, qu'en particulier, dans les moûts à base de jus de canne à sucre, il y a une préfermentation lactique post-récolte des cannes ; elle se prolonge de manière concomitante à la fermentation alcoolique. Des tra-

Distillerie désaffectée, Poisson Marie.


Photo : Louis Fahrasmane

vaux en cours ont pour but de mieux appréhender le fonctionnement de cette "co-culture", afin de la valoriser technologiquement. Une pratique courante est d'acidifier les moûts en début de fermentation par apport d'acide sulfurique, pour limiter l'activité de certaines flores indésirables. L'acide sulfurique n'est pas gênant, dans la mesure où il ne passe pas dans le distillat en raison de ses propriétés chimiques. En dirigeant l'écologie microbienne, on peut espérer faire en sorte qu'il y ait une acidification lactique biologique.

- La fermentation alcoolique en rhumerie

Même si, pour les professionnels, le rendement en alcool n'était pas une priorité, ils se sont souciés de son amélioration. En effet, le principal accident de fermentation est son arrêt. Une des voies explorées a été la sélection de souches de levures de fermentation.
Une collection de souches de *Saccharomycetaceae* de rhumerie a été constituée, à l'unité Inra URTPV des Antilles-Guyane. À partir de cette collection, une étude a été entreprise en vue de sélectionner des levures pour la rhumerie. Ce travail a abouti en 1997 à la sélection, au plan mondial, de la première souche commerciale de rhumerie : DANSTIL EDV 493, une *Saccharomyces cerevisiae* commercialisée, sous forme de levures sèches actives, par Lallemand S.A., sous licence Inra. Une de ses particularités est de ne pas être aussi affectée que les autres souches de levure utilisées, par les températures avoisinant 35°C que l'on peut mesurer dans les cuves de rhumerie. Les connaissances acquises sur la co-culture permettront de poursuivre la caractérisation technologique de la levure.
Des travaux ont été entrepris sur le potentiel des cires de la canne à sucre à activer la levure. La tige de canne à sucre est enveloppée d'une couche cuticulaire de cire, qui est concentrée dans des boues au cours du processus de fabrication du sucre. Un fractionnement de ces boues a permis d'en isoler du stigmastérol et du sitostérol. Leur ajout dans des milieux se traduit par un gain de production d'éthanol par des souches de levure sauvage. Les mélasses contiennent des inhibiteurs de la fermentation alcoolique dont les effets pourraient être contrebalancés par l'apport des dérivés des cires.

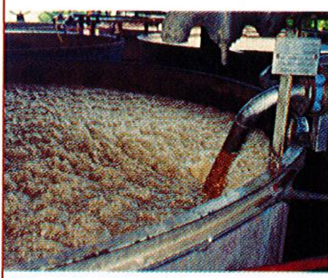
- Mieux connaître la chimie des rhums

Les travaux réalisés en chimie des rhums ont porté sur des composés chimiques ou des familles chimiques majeurs dans la composition des rhums ou qui sont sensibles en terme de qualité des produits : esters éthyliques, acides gras supérieurs, acides gras volatils et alcools supérieurs.
Le rhum contient naturellement une plus grande variété et de plus grandes quantités de composés organosoufrés que les autres spiritueux. La fraction organosoufrée des rhums mérite une étude approfondie et systématique car elle présente un intérêt analytique et organoleptique pour la caractérisation des rhums.
Certains alkylpyrazines naturellement présents dans les rhums apparaissent discriminer les rhums blancs agricoles des rhums blancs de sucrerie. En effet, la 2 méthyl pyrazine, la 2 - 5 méthyl pyrazine et la 2 - 6 diméthyl pyrazine sont absentes de rhums agricoles alors qu'ils sont nettement présents dans ceux à base de mélasse.
Les rhums n'ont jamais été reconnus comme des alcools particulièrement riches en carbamate d'éthyle. Sa présence est une préoccupation pour les producteurs qui veulent exporter vers l'Amérique du Nord, où il est fait de ce composé un facteur de barrage douanier. Certains rhums en sont exempts, d'autres pas, sans que l'on puisse actuellement l'expliquer. La limite tolérée est de 125 µg/l. Il y a donc des connaissances à générer sur la présence du carbamate d'éthyle.

- La distillation

Cette opération n'a pas fait l'objet de recherches dans notre unité.

La distillation est une opération importante dans la fabrication des eaux-de-vie, elle a pour but de séparer les odeurs et les saveurs agréables des mauvais goûts parmi les substances contenues dans le vin de canne qui est pratiquement imbuvable, aigre et peu alcoolisé. Le développement de la distillation au moyen de l'alambic, vers la fin du XVII[e] siècle, a favorisé les débuts de la production de rhum.
Les premiers appareils à distiller ont été des alambics discontinus. La plupart étaient constitués d'une chaudière en cuivre, surmontée d'un chapiteau également en cuivre ; le temps de séjour des moûts fermentés était plus important qu'en colonne à distiller, ce qui favorisait des réactions d'estérifications bénéfiques. On opérait par repasse. Ces appareils permettaient l'élimination de composés volatils négatifs dits de "Têtes", soufrés et aminés, et une partie des composés très lourds constituant les "Queues". "La qualité des produits obtenus était souvent médiocre ou franchement mauvaise", cela tenait à la qualité inférieure des matières premières employées, au peu de soin apporté aux fermentations, à la non rectification des distillats qui aurait été nécessaire pour éliminer les substances responsables de mauvais goûts. Au cours du XVIII[e] siècle on commença à utiliser des dispositifs permettant d'obtenir une eau-de-vie marchande au premier jet, c'est-à-dire sans repasse.
Le remplacement des alambics discontinus par des alambics continus et des colonnes à distiller ne permet plus l'extraction recherchée, de façon significative, de certaines fractions.
Les colonnes, dites créoles, permettent de distiller des moûts fermentés, contenant 4 à 5 % (vol.) d'éthanol ; au coulage les distillats titrent 60 - 80 % (vol.) d'éthanol. Le rhum qui est tiré à trop haut degré perd de ses qualités aromatiques. Toute la partie basse, ou "épuisement", peut être en inox. Il est très important


Cuve en fin de remplissage et en cours de fermentation.


Colonnes à distiller.

Photos : Louis Fahrasmane

que la partie haute, ou concentration (plateaux et col de cygne), soit en cuivre, pour qu'il y ait catalyse oxydative du cuivre à l'égard des produits soufrés. Ce type de dispositif de distillation se généralisa aux Antilles françaises vers 1880. Ainsi les eaux-de-vie obtenues reflètent la qualité du moût fermenté, sans possibilité de correction des défauts organoleptiques.

Les perfectionnements apportés plus tard aux appareils : optimisation du fractionnement, dispositif à colonne multiple... ont permis d'obtenir des produits à caractère léger, exempts de mauvais goûts, mais aussi dépouillés de certains composés volatils aromatiques.

- Traiter et valoriser les effluents

La distillation des milieux fermentés de rhumerie génère des eaux résiduaires : la vinasse. Elle contient une charge polluante qu'il est nécessaire de traiter, autrement il y a des risques importants d'atteinte à l'équilibre des milieux de rejet. Diverses voies ont été proposées pour l'élimination ou le traitement des vinasses : évaporation-incinération, épandage-irrigation, lagunage* anaérobie, production de biomasse microbienne, digestion anaérobie ou digestion méthanique*. Cette dernière est un processus biologique naturel qui consomme et réduit la pollution organique, tout en produisant du biogaz combustible. Des programmes réalisés dans notre unité, par Francius Bazile, depuis 1980, ont contribué à caractériser les vinasses et à proposer des processus de dépollution et de valorisation, par digestion méthanique.

Les flux de pollution engendrés par la distillation de moûts de mélasse de canne sont particulièrement élevés : 950 à 1900 kg de DCO/m^3 AP (Demande Chimique en Oxygène par mètre cube d'Alcool Pur produit). La distillation de rhum agricole génère des flux de pollution en moyenne six fois moins importants.

Un procédé mis au point pour le traitement des vinasses de mélasse, dans notre unité, permet l'élimination de 65% de la DCO, et une production de biogaz représentant 60% des besoins énergétiques d'une distillerie. L'application sur site industriel en Guadeloupe a permis de le vérifier. Depuis, le procédé a été valorisé aussi à l'étranger.

Des essais pilotes ont permis d'atteindre une élimination de plus de 95% de la DCO de vinasses de jus de canne par digestion anaérobie.

Dans les petites unités, traitant le jus de canne, le traitement des vinasses par lagunage aérobie est intéressant.

Conclusions

Au cours de trente ans de travaux à l'Inra, au centre Antilles-Guyane, il a été réalisé un travail de recherches sur les moyens de façonner l'arôme des rhums traditionnels. L'arôme s'avère avoir une dimension alimentaire forte qui constitue une voie spécifique d'avenir pour ce produit en terme d'innovation.

Cette activité de transformation est sortie du stade, "pré-scientifique", dans lequel elle se trouvait en 1970. Pour qu'elle reste viable, des conduites de fermentation ne laissant pas de place aux aléas des fermentations spontanées ont été adoptées. Le souci de produire des rhums aromatiques spécifiques aux sites doit passer par la détermination de protocoles appropriés. Le contrôle sanitaire des installations, des matières premières, la qualité bactériologique des eaux de fabrication, l'utilisation de levure sélectionnée, sont les premiers éléments pour domestiquer la nécessaire expression de la flore spontanée, source de la typicité de certains produits traditionnels. Ces travaux ont permis aussi d'acquérir de l'expertise dans la filière canne-sucre-rhum.

Notre équipe a été invitée par Academic press pour écrire un chapitre sur le rhum dans *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*[2].

Des éléments de traçabilité et d'authentification des rhums, importants par rapport à la libre circulation des produits, peuvent être envisagés. Des travaux complémentaires en chimie des rhums restent à entreprendre, avec des méthodes récentes comme le VIDEO sniff (Vocabulary Intensity Duration study of Elementary Odor).

En 1773, Bernardin de Saint-Pierre soulignait déjà l'importance de la canne à sucre et du café, à travers un des aspects tragiques de l'histoire du genre humain, en écrivant : ... *On a dépeuplé l'Amérique afin d'avoir une terre pour les planter ; on a dépeuplé l'Afrique afin d'avoir une nation pour les cultiver.* Aujourd'hui, la maîtrise et les connaissances acquises en production de la canne à sucre, en font une production agricole majeure pleine d'avenir, non seulement sucrier mais une ressource en matière organique (sucre et fibre), pour des transformations biotechnologiques, répondant à la nécessité de durabilité de plus en plus fortes.

Louis Fahrasmane,
Technologie des produits végétaux, Antilles-Guyane

[2] *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition.* 5021 - 5027 (2003).



Moulin à canne
Planche extraite de l'ouvrage
Histoire générale des Antilles habitées par les François 1635-1671
(Dutertre, Paris, 1667-1671).

Travailler à l'Inra

Erratum

Dans le n°123, "nominations" : ***Centres et Délégations régionales***. À compter du 1er février 2005 et pour une durée de 4 ans, **Dominique King**, président du centre d'**Orléans** est nommé délégué régional pour la **région Centre**.

Aide mémoire

Présidents de centre

Angers	Jean Boiffin
Antilles-Guyane	Célestine-Alice Myrtil-Marlin
Avignon	Jérôme Guerif
Bordeaux-Aquitaine	Benoît Fauconneau
Clermont-Ferrand - Theix - Lyon	Michel Beckert
Colmar	Jean Masson
Corse	Dominique Agostini
Dijon	Jacques Brossier
Jouy-en-Josas	Emmanuel Jolivet
Lille	Ghislain Gosse
Montpellier	Bernard Itier
Nancy	Frédéric Lapeyrie
Nantes	Jean-François Thibault
Orléans	Dominique King
Paris	Patricia Watenberg
Poitou-Charentes	Gilles Gandemer
Rennes	Gérard Maisse
Toulouse	Hervé Ossard
Sophia Antipolis	Dominique Ottomani
Tours	Pierre Le Neindre
Versailles-Grignon	Yves Chupeau

Directeurs scientifiques

Environnement, écosystèmes cultivés et naturels	Pierre Stengel
Société, économie et décision	Bernard Hubert
Nutrition humaine et sécurité des aliments	Xavier Leverve
Plante et produits du végétal	François Houllier
Animal et produits animaux	Bernard Charley

Chefs de département

Génétique et amélioration des plantes	Hélène Lucas
Alimentation humaine	Patrick Etievant
Biologie végétale	Michel Lebrun
Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture	Paul Colonna
Santé des plantes et environnement	Pierre Ricci
Environnement et agronomie	Laurent Bruckler
Microbiologie et chaîne alimentaire	Claude Gaillardin
Physiologie animale et systèmes d'élevage	Philippe Chemineau
Sciences pour l'action et le développement	Jean-Marc Meynard
Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement	Hervé Guyomard
Génétique animale	Didier Boichard
Mathématiques et informatique appliquées	Bruno Goffinet
Santé animale	Gilles Aumont
Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques	Jean-Marc Guehl



Photo : Christian Slagmulder

Le lait pasteurisé est pesé et réparti en cuve. Chaque cuve reçoit la même quantité de lait.

Nominations

Direction scientifique

À compter de septembre 2005, **Bernard Charley** est nommé directeur scientifique de la direction Animal et Produits animaux en remplacement de **Jean-Michel Elsen**.

Directions d'appui à la recherche

- Disi

À compter du 1er juin 2005 pour quatre ans, **Gérard Jacquin** est renouvelé dans ses fonctions de directeur de l'Innovation et des Systèmes d'Information.

- Darese

À compter du 1er juillet 2005 pour quatre ans, **Philippe Vissac** est nommé directeur de l'Action Régionale, de l'Enseignement Supérieur et de l'Europe.

École-chercheurs

- Interdisciplinarité.

Sciences biotechniques et sciences sociales Agriculture, environnement, territoires, politiques publiques et développement durable, Organisée par la direction scientifique Société Économie et Décision, Monthieux (proche de Lyon), du 7 (14h) au 10 novembre (13h) 2005.

- Conférences "théoriques" sur les principes de l'interdisciplinarité : favoriser une réflexion collective sur l'interdisciplinarité
- Études de cas : des témoignages pour présenter la démarche et montrer les intérêts / limites de projets interdisciplinaires
- Ateliers : pour s'approprier les concepts et les démarches développées dans le cadre de projets interdisciplinaires
- Perspectives et conclusion

Le formulaire d'inscription est envoyé par mèl sur demande à : Nathalie Frelat : frelat@paris.inra.fr (tél. 01 42 75 90 33).

- Introduction à la modélisation.

Les modèles mathématiques pour l'agronomie et l'élevage, (2ème session), La Rochelle (17), du 28 novembre au 1er décembre 2005. Organisée par le club Modélisation Inra-Acta-Icta www.modelia.org

Conférences "théoriques" sur les principes du développement, de l'analyse et de l'utilisation des modèles / Témoignages pour illustrer les conférences et montrer la diversité d'utilisations de la modélisation : les exemples de modèles utilisés par des Icta et par l'Inra / Travaux pratiques : développement d'un modèle de système dynamique simple pour mieux comprendre les modèles / Perspective et conclusion.

Le formulaire d'inscription est envoyé par mèl sur demande à Renée Konarski : konarski@acta.asso.fr - Tél. 01 40 04 50 15.

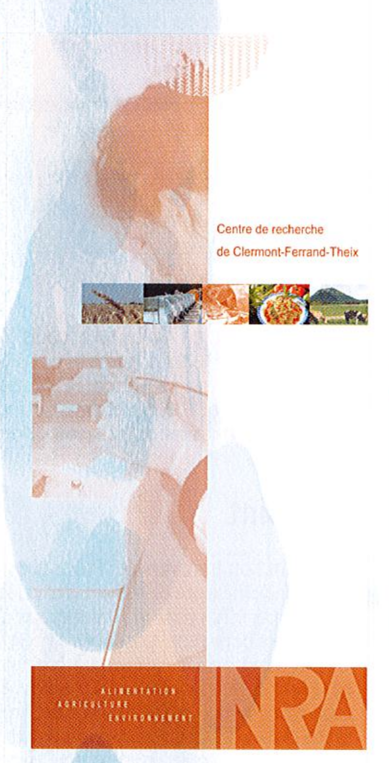
Faire connaître

Nouveautés

Plaquette de centre

- Centre de recherche de Clermont-Ferrand-Theix, 2005, 6 volets.
Implantations / 4 Axes de recherche : •l'élevage durable et l'environnement dans les zones herbagères de montagne •l'élaboration de la qualité des produits animaux : de l'herbe au fromage et à la viande •nutrition préventive et vieillissement, impact de la "fonction signal" des aliments •écophysiologie et génomique pour la qualité des produits des céréales et de l'arbre.

Contact : Odile Bernard, chargée de communication, Clermont - Theix.



Revues

- Inra Sciences Sociales. Obésité, corpulence et statut social : une comparaison France/États-Unis (1970-2000), n°1, juin 2005, 20e année. www.inra.fr/Internet/Departements/ESR/vie/animations/conso/conso.php

- Cahiers d'Économie et Sociologie rurales, Inra, n°74, 1er trimestre 2005, 126 p., le n° : 25€, le double : 35 €. (Abonnement de 4 n°s/an : 70€).
www.inra.fr/esr/publications/cahiers
Efficacité des exploitations agricoles polonaises / Fourniture "non publique" des biens "publics" / Normes et marchés : le cas de la viande (XVIIIe-XXe siècles) / Approvisionnement et intervention des pouvoirs publics : la Caisse de Poissy / Construction institutionnelle de la concurrence. Le marché de la viande à Paris au XIXe siècle / Construction socio-juridique de la traçabilité des viandes bovines.

- Agricultures. Cahiers d'études et de recherches francophones, vol. 14, n°4, juillet-août 2005, Éd. John Libbey Eurotext, 71 p., 18€, (6 n°s par an : 69€)
www.john-libbey-eurotext.fr
Le forum du Dakar Agricole / l'arganier et l'huile d'argane au Maroc : vers la mutation d'un système agroforestier traditionnel ? / Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine / Évolution des recherches sur le muscle des bovins et la qualité sensorielle de leur viande : II.Influence des facteurs d'élevage sur les caractéristiques musculaires / La diversification dans les agricultures du Sud : à la croisée de logiques d'environnement et de marché : II.Niveaux d'organisation, méthodes d'analyse et outils de recherche / Paramètres affectant le débit d'air à travers une masse de poireaux et leur taux de refroidissement / Consommation et efficience d'utilisation de l'eau chez le blé dur cultivé en conditions pluviales et irriguées en Tunisie / Les négociations agricoles à l'Organisation mondiale du commerce : où en sont-elles ? où vont-elles ?

- Sécheresse, spécial Sahel, vol.16, n°2, Éd. John Libbey Eurotext, avril-mai-juin 2005, 60 p., 21€ pays du Nord, 11€ pays du Sud, (4 n°s : 58€)
www.john-libbey-eurotext.fr
Problèmes écologiques du développement de l'élevage en région sèche / Précipitations en Afrique du Sud : changements climatiques simulés par le modèle de circulation générale Arpege-Opa et par désagrégation régionale / Détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) : classement en zones bioclimatiques/Influence pédoclimatique sur l'évolution des formations forestières en zone semi-aride (cas de la forêt de Tenira, Ouest algérien) / Réponse adaptative de l'anatomie des Chénopodiacées du Sahara algérien à des conditions de vie d'aridité extrême / Action du trajet foliaire de diffusion de l'eau et de l'épaisseur de la cuticule sur la transpiration / Caractérisation chimique et algologique des eaux superficielles de la rivière Oronte (Liban) dans un climat semi-aride / Les diatomées du Quaternaire récent de Diana Malari (Casamance, Sénégal) : implications paléoclimatiques.

INRA Éditions

- Proximités et changements socio-économiques dans les mondes ruraux, André Torre, Maryline Filippi, coord., 2005, Coll. Un point sur…, 337 p., 46€.



Garants des traditions et du lien aux territoires, témoins de l'ancrage identitaire, gardiens de la permanence et de la transmission des pratiques sociales et productives,l'espace rural et les activités agricoles occupent une place particulière dans l'imaginaire national. Pourtant, ils sont aujourd'hui soumis à des évolutions radicales.Cet ouvrage pluridisciplinaire (économie, géographie, sociologie, psychologie, droit) montre comment l'analyse de la proximité permet de comprendre les mutations des activités agricoles et agro-alimentaires et des espaces ruraux, ainsi que leurs répercussions sur l'organisation spatiale. Les transformations de l'offre des biens agro-alimentaires et de l'organisation du secteur touchent en effet aussi bien la répartition spatiale des réseaux ou des filières que celle des activités de production et de distribution des productions agricoles. Le diagnostic concerne également les modes de gouvernance territoriale des espaces ruraux, la tension entre développement local et processus de mondialisation, ainsi que le délicat processus de négociation entre acteurs publics et privés. L'analyse des modalités de gestion et de pilotage, au niveau territorial, des problèmes environnementaux et des conflits d'usage ou de voisinage complète ce bilan.

Livre • Erratum

Campagnes d'enfance, une anthologie littéraire, Pierre Bitoun, sociologue à l'Inra, Éditions Cénomane, Le Mans, 2005, 320 p., 20€ TTC **(+ frais de port 4€)**
tél. 02 43 24 21 57
cenomane@wanadoo.fr

Livres

Les biodiversités. Objets, théories, pratiques, coord. Pascal Marty, Franck-Dominique Vivien, Jacques Lepart, Raphaël Larrère (Inra), CNRS Éd., 2005, 288 p.
Formé il y a moins de vingt ans dans le champ de l'écologie, le mot "biodiversité" s'est très rapidement diffusé. Il s'agit pourtant d'un terme dont le flou et l'ambiguïté n'ont d'égal que son usage immodéré dans toutes les sphères de la société : il est désormais largement mobilisé dans de très nombreux débats qui concernent le citoyen tout autant que les spécialistes en environnement (qualité de la vie, urbanisme, aménagement rural, développement durable), car la conservation de l'environnement est un processus social et politique et ne relève pas seulement de l'écologie. Cet ouvrage rassemble des textes issus de deux communautés scientifiques, les sciences de la vie et les sciences de l'homme et de la société. Cette pluridisciplinarité permet d'envisager les multiples facettes d'un concept scientifique très mobile.

- Graines de sciences 7. Pour enseignants et parents, sous la direction de Marc Jamous et Édith Saltiel, Éd. Le Pommier, fondation des Treilles, La main à la pâte, 2005, 170 p., 19€.
La genèse des formes / Comment comprendre le cerveau ? / Les états de l'eau / À la découverte de Mars / La bionique / La stabilité des constructions.

- Les politiques agricoles sont-elles condamnées par la mondialisation ? sous la direction de Rainelli, P. (Ur Esr Rennes), avec la participation de Bertrand J.P. et Aubert C. (Ur Mona d'Ivry-sur-Seine) ; Bureau J.C. et Gozlan E. (Umr ÉcoPub de Versailles-Grignon), Gohin A. et Guyomard H. (Ur Esr Rennes). Éditions Academia Bruylant, Louvain-la-Neuve (Belgique), collection travaux & recherche Ifri, Paris, 2005, 389 p.
www.inra.fr/Internet/Departements/ESR//vie/pub_ind/index.php

INRA mensuel n°124
Journal interne, automne 2005

Actualités scientifiques

3 Les contrôles aux frontières du vivant
Les cellules vivantes sont des organismes compartimentés par des membranes biologiques. Ces membranes contrôlent les échanges entre les différents compartiments cellulaires ainsi qu'entre les cellules et leur environnement. Certains territoires de ces membranes sont organisés en plate-formes spécialisées dédiées à des fonctions particulières comme la perception du milieu et les relations avec les autres organismes. *Jean-Pierre Blein,* Dijon *Didier Marion,* Nantes.

4 L'alimentation comme dimension spécifique de la pauvreté
Approches croisées de la consommation alimentaire des populations défavorisées
La pauvreté, qu'elle soit appréhendée à partir de critères monétaires (revenu, niveau de vie) ou non monétaires (éducation, professions et catégories socio-professionnelles), a une répercussion sur l'alimentation des ménages. L'Inra a coordonné une recherche interdisciplinaire sur l'alimentation des populations défavorisées en France, financée par l'Observatoire National de la Pauvreté et de l'Exclusion Sociale. Ces travaux combinent une approche économique basée sur les budgets des ménages, un éclairage par les sciences de la nutrition et des analyses sociologiques issues d'enquêtes de santé et de travail de terrain. *France Caillavet* Inra Évry, *Élise Andrieu, Nicole Darmon, Anne Lhuissier, Milan Momic, Faustine Régnier* (Onpes).

5 La fonte musculaire au cours du vieillissement n'est pas une fatalité :
une supplémentation alimentaire en leucine stimule la synthèse protéique musculaire
Le vieillissement s'accompagne d'une perte progressive de la masse musculaire qui affecte l'état de santé des personnes âgées. Cette fonte musculaire entraîne une réduction de la force et de l'activité musculaires conduisant peu à peu à une diminution de la mobilité et de l'autonomie de la personne mais également altère ses capacités à se défendre contre d'éventuelles pathologies (infections, inflammations, fractures…). Une meilleure connaissance du métabolisme musculaire au cours du vieillissement permettrait de limiter cette perte de la masse musculaire. Les études chez le rat âgé sain ont montré qu'une augmentation de la quantité de leucine ingérée (2 fois celle normalement consommée) permettait de retrouver une réponse normale (une stimulation correcte de la synthèse des protéines musculaires et une inhibition correcte de la protéolyse musculaire). Cet effet obtenu sur un seul repas n'est pas transitoire puisqu'une supplémentation chronique en leucine 10 jours reste bénéfique chez le rat âgé. Il apparaît désormais important de vérifier ces résultats chez l'homme âgé sain. *Isabelle Rieu, Claire Sornet, Jean Grizard, Dominique Dardevet,* Clermont-Theix.

7 La nouvelle réforme de la PAC et les exploitations laitières
L'UE a adopté en juin 2003 une nouvelle réforme de sa politique agricole commune. Cette réforme et ses modalités d'application suscitent des interrogations. L'Inra a réalisé une étude prospective 2008, centrée sur les exploitations laitières françaises. Quelles conséquences aura la baisse du prix du lait sur les différentes catégories d'exploitations ? Quel sera le niveau de dépendance de ces exploitations à l'égard des aides directes ? Quelles sont les principales implications du découplage des aides ? *Vincent Chatellier,* Nantes.

9 Les truites des rivières de Haute-Savoie
sont-elles autochtones, sont-elles sauvages ?
À l'origine, les cours d'eaux savoyards on été recolonisés par une sous-espèce méditerranéenne de truite commune à l'issue des dernières glaciations. Au siècle dernier, des truites originaires d'Atlantique ont été utilisées pour repeupler les cours d'eau français. Le programme Interreg, entre la Haute-Savoie et la Vallée d'Aoste, consiste à savoir s'il existe toujours dans ces deux régions des truites autochtones et, si oui, comment les sauvegarder et les réhabiliter ? Pour cela, des protocoles de caractérisation à grande échelle des populations présentes sur les plans biologique, écologique et génétique ont été mis en place et plus de 180 secteurs de rivières, échantillonnés. En particulier des campagnes de génotypage et de marquage de grande ampleur ont permis d'établir une cartographie de l'introgression des populations natives par les populations introduites et d'évaluer les contributions respectives du repeuplement et du recrutement naturel dans les populations en place et dans les captures par la pêche de loisir. *Alexis Champigneulle,* Inra Thonon-les-Bains, *René Guyomard,* Inra Jouy-en-Josas, *Arnaud Caudron,* Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du milieu aquatique.

INRA Partenaire

14 La Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers
Les gestionnaires forestiers ont toujours souhaité pouvoir disposer d'outils leur permettant de simuler l'évolution d'un peuplement en fonction du milieu, du matériel végétal, de la sylviculture… afin d'optimiser des interventions ou d'estimer les ressources forestières. Les techniques de modélisation ont relancé l'intérêt des coopérations pour le recueil des données nécessaires à la construction, au calage et à la validation de ces modèles. Sept organismes, dont l'Inra, ont donc décidé en 1994 de créer le Gis "Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers". Ceci nécessite la mise en place, le suivi et la mesure de réseaux multi-locaux et multi-organismes de placettes permanentes à très long terme selon des protocoles standardisés couvrant au mieux toute la gamme de variabilité des conditions de croissance (milieux et sylviculture). Sont étudiés : Chêne sessile, Chêne pédonculé, Douglas, Merisier, Pin maritime, Pin laricio. *Max Bédéneau,* Orléans.

15 Le développement de l'agriculture biologique au Brésil
Le Brésil est l'un des principaux producteurs mondiaux en agriculture biologique. Un défi majeur est de développer des marchés locaux avec des prix raisonnables afin que des populations à faibles ressources puissent avoir accès à cette production. L'Inra d'Avignon et l'Embrapa ont analysé comment de petits producteurs créent des entités collectives et expérimentent de nouvelles pratiques sociales, s'appuyant sur leurs propres besoins et ceux des consommateurs. Dans l'état de São Paulo, ils ont identifié quatre formes sociales d'organisation, leurs dynamiques, leurs valeurs et leurs inter-relations. *Stéphane Bellon,* Avignon, *Lucimar Santiago de Abreu,* Jaguariúna.

17 Création de la société Naskeo Environnement
Naskeo Environnement, créée le 4 mai 2005, est une entreprise spécialisée dans la production d'énergies renouvelables à partir des rejets issus des industries agro-alimentaires, pharmaceutiques et chimiques. *Isabelle Berger,* Narbonne.

18 Des plantes à traire…
De nombreuses molécules d'origine végétale sont utilisées dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique. Mais les principes actifs, comme les substances anticancéreuses, sont parfois difficiles à synthétiser chimiquement, et leur production naturelle reste faible. À Nancy, l'Inpl (Ensaia)-Inra a mis au point une technologie innovante, simple et économique, permettant de cultiver des plantes en serre sur milieu liquide et de faire excréter des molécules d'intérêt par les racines. Les traitements étant non destructifs, les plantes restent disponibles pour des "traites" successives. Après 8 années de recherche, cette technologie brevetée par l'Inra et l'Inpl au niveau mondial a conduit à la création d'une entreprise, Plant Advanced Technologies Sas. *Frédéric Bourgaud, Éric Gontier,* Nancy.

20 L'Inra et les pôles de compétitivité
Quatorze des 105 projets de pôles de compétitivité déposés auprès du CIADT ont fait l'objet d'une contribution significative d'équipes de recherche de l'Inra et ont été labellisés. *Pierre Darde,* Darese, Paris.

Résonances

22 La femme en agriculture. Louis Moll 1872
Ce texte de 1872 montre que les préoccupations de sociologie animaient déjà l'enseignement de l'agriculture au niveau le plus élevé. C'est seulement en 1918, que les jeunes filles furent admises à se présenter au concours d'entrée de l'Ina. *Jean Boulaine* et *Huguette Durand.*

Le Point

24 L'action transversale "Production Fruitière Intégrée".
Une expérience de recherche pluridisciplinaire à l'échelle d'une filière
Le secteur des fruits a été réformé dans le cadre de l'OCM afin d'améliorer la qualité des produits et des façons de produire et de ne plus encourager la production de fruits en excès. Ce fut l'objet de l'action transversale de recherche PFI que d'accompagner cette évolution par une "expérience" de recherches pluridisciplinaires à l'échelle d'une filière de production. L'une de ses problématiques était d'en tester la faisabilité et l'intérêt, en termes d'acquisition de connaissances aux différents niveaux d'organisation qui structurent une filière, et de construction de partenariat. Les objectifs ont été d'assurer l'interface entre : agronomes de la production fruitière et spécialistes de la protection des plantes ; disciplines économiques, sociales et biotechniques ; la recherche, l'interprofession et l'organisation professionnelle. Cet article souhaite faire partager les enseignements de ce travail original, ses réussites comme ses difficultés. Ce programme a représenté un point de convergence des travaux Inra sur la filière arboriculture, et amélioré ainsi leur "visibilité" à l'extérieur des communautés scientifiques. *Robert Habib,* Avignon, *Jean Pluvinage,* Montpellier, *Yves Lespinasse,* Angers.

Itinéraires • Entretien avec…

31 Pourquoi les feuilles tombent ? Questions courantes et sujets de recherche
Des chercheurs de l'Inra répondent à quelques questions courantes sur la physiologie de l'arbre et évoquent leurs travaux. Pourquoi les feuilles tombent ? par *Hervé Cochard.* Que se passe-t-il en cas de gel précoce ou tardif en automne ? par *Thierry Améglio.* Les feuilles peuvent-elles tomber en été ? par *Nathalie Bréda.* Propos recueillis par *Pascale Mollier.*

Histoire & Recherches

35 Le rhum. Trente ans de recherches à l'Inra
Avec 2 milliards de litres/an, première eau-de-vie consommée au monde, la production de rhum ne constitue qu'une partie de la transformation de la canne à sucre, 1ère récolte au monde, source de 75% du sucre produit. Le besoin de maîtriser la qualité aromatique des rhums traditionnels, d'objectiver des descripteurs, a conduit les producteurs de la Guadeloupe et de la Martinique, à solliciter la recherche. L'Inra a lancé des travaux à partir de 1971 afin d'établir des connaissances (prises en compte pour l'aoc "Rhum Martinique" en 1996) en écologie microbienne, en chimie des rhums, ainsi que des procédés de traitement des effluents. Le caractère aromatique est l'un des traits majeurs des rhums traditionnels des Antilles françaises. La microbiologie des milieux de fermentation tient une place déterminante dans l'élaboration de l'arôme. Plus de 40% du rhum consommé en métropole, l'est sous forme d'"aromate" dans les préparations culinaires variées. C'est là une forme de consommation qui pourrait croître et ne pose pas de problèmes de santé. *Louis Fahrasmane,* Antilles-Guyane.

Les résumés sont d'INRA *mensuel*

Directrice de la publication : Corine Plantard
Responsable de l'INRA mensuel : Denise Grail
Secrétariat : Frédérique Chabrol - chabrol@paris.inra.fr / Conception et réalisation : Pascale Inzerillo - piz@paris.inra.fr
Photothèque INRA : Jean-Marie Bossennec - Julien Lanson - Christophe Maître
Couverture : Pascale Inzerillo

INRA, Mission communication, 147 rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07. Tél : 01 42 75 90 00.
Imprimeur : Graph 2000 / Vercingétorix ISSN 1156-1653 Numéro de CPPAP : 0106 B 07468